



SAHLGRENSKA AKADEMIN
INSTITUTIONEN FÖR NEUROVETENSKAP OCH
FYSIOLOGI
ENHETEN FÖR AUDIOLOGI

BREDBANDSTYMPANOMETRI SOM ETT TILLSKOTT I DET AUDIOLOGISKA TESTBATTERIET

En beskrivande litteraturstudie

Författare:

Martina Holte

Sara Åkesson

Uppsats/Examensarbete:	Självständigt vetenskapligt arbete i Audiologi, 15 hp
Program och/eller kurs:	Audionomprogrammet, AUD620
Nivå:	Grundnivå
Termin/år:	Vt 2017
Handledare:	Lennart Magnusson & Tomas Tengstrand
Examinator:	Kim Kähäri
Rapport nr:	2017-005

Abstract

Uppsats/Examensarbete: Självständigt vetenskapligt arbete i Audiologi, 15 hp
Program och/eller kurs: Audionomprogrammet, AUD620
Nivå: Grundnivå
Termin/år: Vt 2017
Handledare: Lennart Magnusson & Tomas Tengstrand
Examinator: Kim Kähäri
Rapport nr: 2017–005
Nyckelord: Bredbandstympanometri, absorption, reflektion, admittans, impedans, resistans, reaktans, audiologi, normativa värden, patologi, diagnostiskt verktyg

Syfte: Syftet med studien är att ta del av aktuell forskning om bredbandstympanometri och utifrån det undersöka dess värde som verktyg vid diagnostisering av mellanörepubatologier hos barn och vuxna.

Metod: En systematisk litteratursökning har genomförts via flertalet sökmotorer för att inkludera aktuell forskning inom området. De inkluderade artiklarna i den beskrivande litteraturstudien har begränsats genom inklusions- och exklusionskriterier.

Resultat: Olika individuella faktorer påverkar power absorbance/reflectance vilket tyder på att ett behov av normativa värden behövs för den specifika populationen, både för barn och vuxna. Flertalet studier tyder på att bredbandstympanometri med fördel skulle kunna förbättra det diagnostiska testbatteriet.



**SAHLGRENSKA ACADEMY
INSTITUTE OF NEUROSCIENCE AND
PHYSIOLOGY
DEPARTMENT OF AUDIOLOGY**

WIDEBAND ACOUSTIC IMMITTANCE AS AN ASSET TO THE AUDIOLOGICAL TEST BATTERY

A descriptive review of the literature

Authors:

Martina Holte

Sara Åkesson

Essay/Thesis:	Scientific thesis, 15 hp
Program and/or course:	Programme in Audiology, AUD620
Level:	First Cycle
Semester/year:	St 2017
Supervisor:	Lennart Magnusson & Tomas Tengstrand
Examiner:	Kim Kähäri
Report no:	2017-005

Abstract

Essay/Thesis: Scientific thesis, 15 hp
Program and/or course: Programme in Audiology, AUD620
Level: First Cycle
Semester/year: St 2017
Supervisor: Lennart Magnusson & Tomas Tengstrand
Examiner: Kim Kähäri
Report No: 2017–005
Keyword: Wideband acoustic immittance, absorbance, reflectance, admittance, impedance, resistance, reactance, audiology, normative values, pathology, diagnostic tool

Purpose: The purpose is to partake of current research in wideband acoustic immittance and to review its' value as a tool for diagnosing middle-ear pathologies in children and adults.

Method: A systematic search of the literature has been conducted through several finders in order to include all relevant current research. The included articles in the descriptive review have been limited by using inclusion and exclusion criteria.

Result: Different individual factors affect power absorbance/reflectance which indicates a need for normative data for specific populations, for both adults and children. Several studies indicate that wideband acoustic immittance could improve the diagnostic test battery.

Förord

Stort tack till våra handledare Lennart och Tomas som hjälpt oss längs vägen med sin expertis. Vi vill också tacka Åsa Winzell Juhlin som gav oss den ursprungliga idén och Ulf Kalla för all hjälp och stöd och ett ytterligare tack till de audionomer och ingenjörer som besvarat våra frågor.

Hela uppsatsskrivandet har utförts under ett gemensamt ansvar och likvärdigt arbete av bägge parter där båda har varit delaktiga i samtliga delar.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
1.1 Historisk tillbakablick	1
1.2 Tympanometri	2
1.2.1 Admittans/Impedans.....	3
1.2.2 Mätning	4
1.2.3 Multifrekvenstympanometri	5
1.3 Bredbandstympanometri	5
1.3.1 Interacoustics och Mimosa Acoustics	8
1.3.2 Tidigare studier.....	8
2. Syfte	10
2.1 Frågeställningar	10
3. Metod och material	11
3.1 Databaser	13
3.2 Datainsamling.....	13
3.2.1 Frågor till yrkesverksamma.....	13
3.3 Urvalskriterier	14
3.4 Kvalitetsgranskning och etiska överväganden	14
4. Resultat.....	16
4.1 Resultattabell.....	16
4.2 Normativa värden.....	20
4.3 Patologier	23
4.4 Det audiologiska testbatteriet	25
5. Resultatdiskussion.....	27
5.1 Normativa värden.....	27
5.2 Patologier	29
5.3 Det audiologiska testbatteriet	31
6. Metoddiskussion	35
7. Konklusion	38
Referenslista.....	39
Bilaga 1	
Bilaga 2	

1. Introduktion

Audionomens bastestbatteri består idag i regel av tonaudiometri både med luftledning och benledning samt talaudiometri. Upptäcks ett ledningshinder vid tonaudiometri kan audionomen utföra ett tympanometriskt test för mer information om tillståndet i mellanörat. På vuxna används vid tympanometri en bärton på 226 Hz (LFT, se bilaga 2) och på små barn används en bärton på 1000 Hz (SAME, 2004). LFT kan påvisa ett stelare system, undertryck samt ett överrörligt system, men det har bevisats att höga frekvenser bättre kan utröna om vätska finns bakom trumhinnan samt upptäcka mer subtila mass- och resistansskillnader i systemet (Hunter & Shahnaz, 2014; Rosowski & Wilber, 2015). Det finns ett behov av en icke invasiv metod för diagnostisering av mellanörepatologier (Hunter, Tubaug, Jackson & Propes, 2008; Nakajima, Rosowski, Shahnaz & Voss, 2013). Bredbandstympanometri är en kostnadseffektiv och icke invasiv metod som mäter över ett stort frekvensspann, är tidseffektiv (Polat, Bas, Hayir, Bulut & Atas, 2015; Prieve, Feeney, Stenfelt & Shahnaz, 2013a) och som kanske med fördel skulle kunna användas för att utröna patologier som idag inte kan upptäckas utan kirurgiskt ingrepp (Beers, Shahnaz, Westerberg & Kozak, 2010; Voss, Horton, Woodbury & Sheffield, 2008). För förklaring av akronymer i hela arbetet se bilaga 2.

1.1 Historisk tillbakablick

Redan på 1800-talet undersöktes mellanörat genom att olika tryck applicerades i hörselgången, då upptäcktes att motståndet i mellanörat kunde liknas vid ett elektriskt system (Hunter & Shahnaz, 2014; Lilly & Margolis, 2013). Metz var under 1940-talet en av de första med att inse hur små ändringar av tryck i hörselgången påverkar den admittans/impedans som uppmäts i mellanöresystemet. Han såg därför behovet av ett kliniskt instrument som med hjälp av en tryckpump kunde mäta patienters mellanöreimpedans. Under samma årtionde skapade Bode ett uttryck i syfte att få ett samlingsnamn för storheterna akustisk impedans och akustisk admittans då dessa är utbytbara med varandra i beräkningar av ett mekoakustiskt system trots deras olika enheter. Uttrycket han myntade var immittans vilket senare anammades av American National Standards Institute som ett paraplybegrepp för olika tryckvariationsmätningar som utförs på mellanöresystemet med hermetiskt tillsluten hörselgång (Lilly et al., 2013).

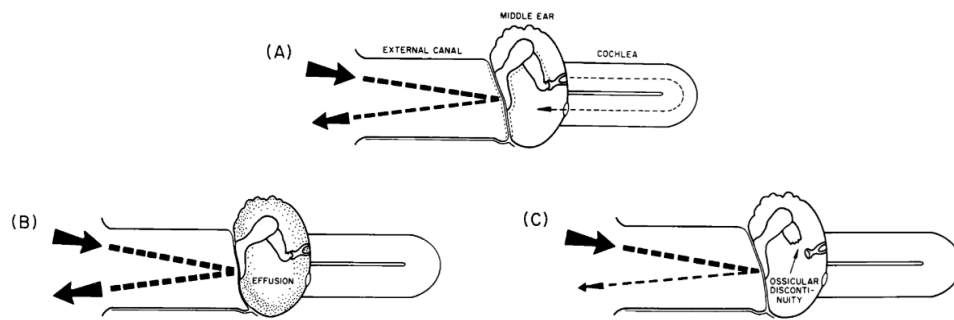
Under 1959 baserade Terkildsen och Thompson sina forskningsstudier på studierna från 1800-talet samt på Metz forskning från 1940-talet. Med en probe förslöt de hörselgången

hermetiskt och de var några av de första med att utföra tympanometriska mätningar som kan liknas vid dagens mätningar, genom att tillsätta en ton på 220 Hz i hörselgången tillsammans med olika tryck. De valde att använda en bärton på 220 Hz av lite olika anledningar, främst var det lättare att inte få kalibreringsfel med en låg bärton då volymen i örat är liten, just 220 Hz valdes dock av en slump (Hunter & Shahnaz, 2014). Under 1963 kom Madsen ut med en ny typ av tympanometer som uppmätte akustisk komplians i förhållande till tryck, akustisk komplians är en förenkling av akustisk admittans, detta blev snabbt en standard i den tympanometriska utvecklingen. År 1970 kom Grason-Stadler co. ut med en ny form av tympanometer som istället uppmätte den akustiska admittansen i förhållande till tryck (Bluestone, 1982; Hunter & Shahnaz, 2014).

Lidén påbörjade år 1969 att undersöka de grafiskt uppmätta kurvorna vid impedansaudiometri för att se om det fanns samband mellan kurvornas grafiska former och olika tillstånd i mellanörat (Hunter & Shahnaz, 2014). År 1974 publicerade Lidén fem olika kurvor som benämndes i alfabetisk ordning från A till E, dessa typiska kurvor fick han fram vid impedansmätning med en bärton på 800 Hz. Jerger utförde år 1970 liknande tester som Lidén men med en lägre bärton på 220 Hz. Hans resultat bekräftade Lidéns till stor del, dock kunde Jerger med denna bärton inte uppmäta någon E-kurva. Lidéns och Jergers tympanometriska kurvor A, B och C lever kvar än idag och D-kurvan kallas numera W-kurva (Lilly et al., 2013). Idag finns ett par sätt att utläsa de tympanometriska kurvor som ritas upp grafiskt vid LFT. En del hörselverksamheter använder de olika karaktäristiska tympanometriska kurvornas utseende för att utröna mellanörestatus. Andra verksamheter använder beräkningar av till exempel bredd eller gradient (Baldwin, 2006). Detta problematiserades av Winzell Juhlin (2017) som kom fram till att normalvärden som används vid tolkning av bland annat LFT skiljer sig åt bland verksamheter och audionomer i Sverige. Det betonades att fortsatt forskning behövs inom området för att ta fram nationella riktlinjer.

1.2 Tympanometri

Mellanörat har bland annat två uppgifter, att omvandla de akustiska ljudvågorna som tagit sig fram till trumhinnan till mekanisk energi samt att leda denna omvandlade energi över till cochlean (Hunter & Shahnaz, 2014). När energi ska färdas från en materia till en annan är det som mest problemfritt om skillnaderna mellan de två materiernas impedans är liten, se figur 1 (Bluestone, 1982).



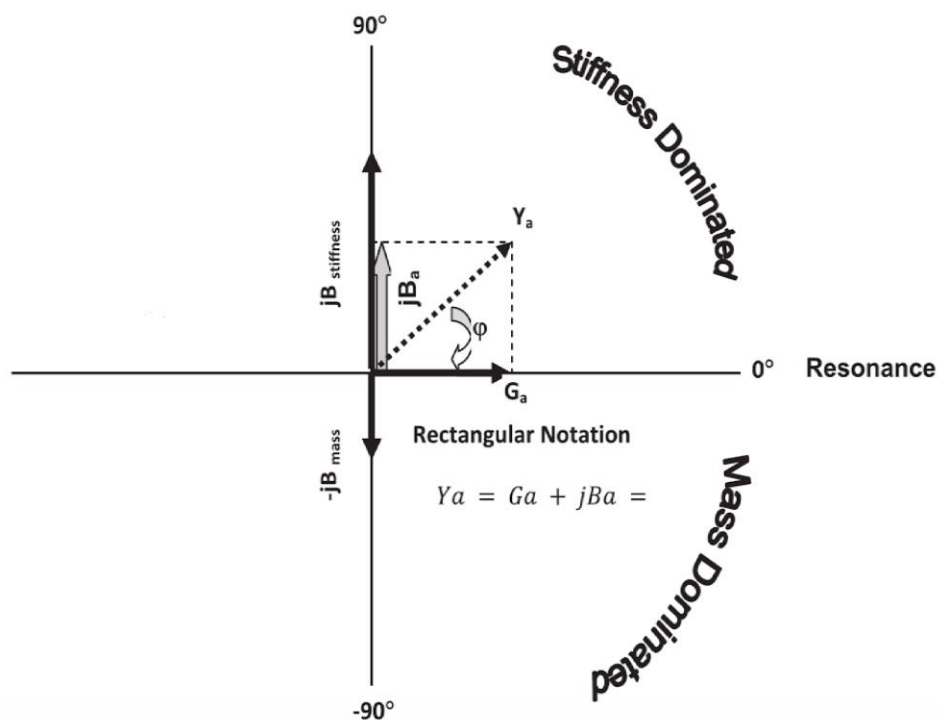
Figur 1. Bild A visar ett friskt mellanöra med normal absorption. I bild B finns det vätska i mellanörat som hindrar trumhinnan och hörselbenen från att röra sig och absorptionen är minskad till ett minimum vilket också innebär att mer ljud reflekteras vid trumhinnan. Bild C visar dislokation som leder till ökad rörlighet hos trumhinnan och ökad absorption till mellanörat men ljudet leds inte vidare via hörselbenen in i cochlean. Omarbetad bild (Bluestone, 1982).

1.2.1 Admittans/Impedans

Den akustiska impedansen i ett system beror på tre komponenter; systemets massa, stelhet (komplians) och friktion, beteckningen för impedans är Z och $Z =$ ljudtrycket/volymhastigheten (Andersson & Arlinger, 2007). Impedans komponenterna påverkas av olika strukturer i mellanörat; massan i systemets impedans påverkas av ligamenten i hörselbenen, trumhinnan och av luftvolymen som finns både i hörselgången och i mellanörat, stelheten i systemet påverkas likaså av hörselbenen och även av pars flaccida och perilymfan. Den sista komponenten som påverkar systemets impedans är resistans (friktion) och den påverkas bland annat av hörselbenens ligament, trumhinnan och perilymfan (Gelfand, 2009). Enkelt kan det uttryckas så att akustisk impedans är det motstånd systemet gör mot den akustiska och mekaniska energin (Andersson & Arlinger, 2007). Motsatsen till impedans är admittans (Y). Eftersom de varandras inverser är $Y =$ volymhastigheten/ljudtrycket (Emanuel & Letowski, 2009). Det går alltså att mäta upp exempelvis admittansen i ett system och med en enkel beräkning få fram impedansen utifrån det uppmätta admittansvärdet, beräkningen för detta är då $Z = 1/Y$ (Andersson & Arlinger, 2007).

Akustisk admittans kan förklaras som systemets medgörlighet gentemot det energiflöde som vill passera genom detta. Den består av tre komponenter som alla är frekvensberoende, konduktans och mass- och komplianssusceptans. Figur 2 visar hur dessa påverkar admittansen. Konduktansen beror på friktionen i systemet och påverkas till viss del av frekvensen. När frekvensen överstiger resonansfrekvensen kommer masssusceptansen att dominera (negativ y-axel) och när frekvensen är lägre än resonansfrekvensen kommer komplianssusceptansen att dominera (positiv y-axel) (Emanuel & Letowski, 2009; Hunter & Shahnaz, 2014). Systemets resonansfrekvens kan förändras beroende på om systemet blir

stelare eller mer rörligt, ett stelare system leder till en ökad resonansfrekvens och tvärtom för ett övrrörligt system (Lilly et al., 2013).



Figur 2. Susceptansens påverkan i y-led och konduktansens påverkan i x-led resulterar i akustisk admittans. Omarbetad bild (Hunter & Shahnaz, 2014).

1.2.2 Mätning

Som beskrivits tidigare används oftast en bärton på 226 Hz vid tympanometriska mätningar på vuxna och 1000 Hz används främst på små barn. Apparaturen måste vid tympanometriska mätningar kunna kontrollera och mäta lufttrycket i hörselgången. Detta utförs genom att ett dynamiskt tryck appliceras i hörselgången exempelvis från +200 till -400 daPa. När detta sker påverkas systemet så att både minimum och maximum kan uppmätas för admittansen. Vid admittansminimum kommer störst mängd av bärtonen att reflekteras tillbaka mot proben. Hörselbenens hävstångseffekt och trumhinnans förmåga att röra sig med ljudvågorna är som lägst vid dessa admittansminimum. Motsatsen till detta är admittansmaximum som uppmäts vid det tryck där systemet är som mest rörligt (Hunter & Shahnaz, 2014; Roeser, Valente & Hosford-Dunn, 2007).

Vid tympanometriska mätningar antas det att hörselgången är ett stelt rör vars volym inte kommer att påverkas av de tryckförändringar som appliceras i denna utan att det bara är mellanörats admittans/impedans som påverkas (Rosowski et al. 2015). Tympanometri med enstaka diskreta bärtoner kan påvisa att systemet inte verkar fungera optimalt, men kan inte

alltid särskilja mellan olika patologier som påverkar systemets rörlighet på liknande sätt då trumhinnan är intakt. Till exempel kan systemet vara stelare vid otoskleros eller OME och det kan vara mer rörligt vid olika grader av dislokation (Gelfand, 2009; Roeser et al., 2007; Voss et al., 2008).

1.2.3 Multifrekvenstympanometri

Multifrekvenstympanometri innebär att flera diskreta frekvenser används vid mätningen och vanligtvis är det 226, 678 och 1000 Hz, även här görs mätningen under dynamiskt tryck (Hunter & Shahnaz, 2014). Fördelen med att mäta med flera frekvenser är att patologier som inte kan uppmärksammas vid enstaka diskreta frekvenser eventuellt kan påvisas (Lilly et al., 2013). Multifrekvenstympanometri har hittills inte använts särskilt mycket i klinisk verksamhet bland annat då det har varit en ganska tidskrävande metod med svårtolkade resultat (Hunter & Shahnaz, 2014).

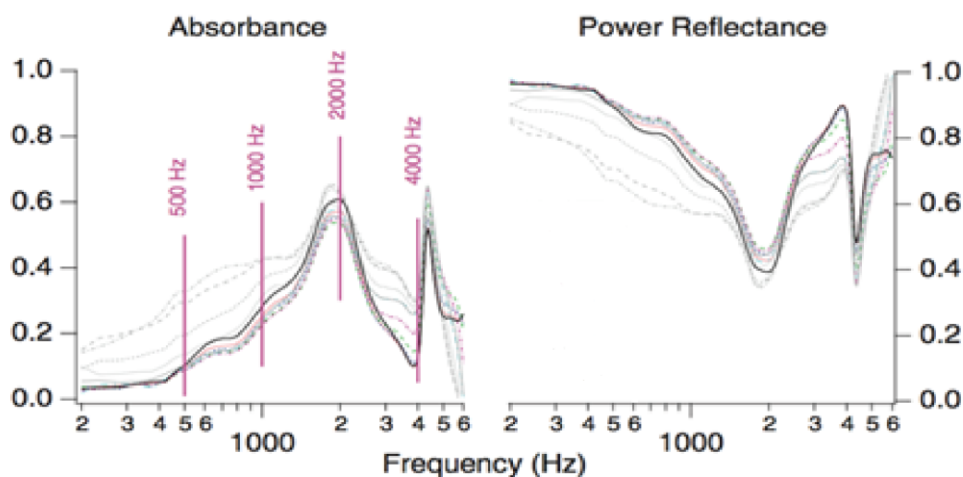
1.3 Bredbandstympanometri

Den praktiska mätmetoden för bredbandstympanometri är densamma som för tympanometri. Det som mäts vid tympanometri är mellanörats akustiska admittans/impedans, en annan metod är att istället mäta absorption/reflektion som uppmäts vid bredbandstympanometri (Lilly et al., 2013). Flera benämningar för detta finns men 2012 diskuterades Wideband Acoustic Immittance (WAI) fram av framstående forskare inom ämnet som ett lämpligt uttryck för dessa mätningar (Feeney et al., 2013). I denna uppsats valdes att använda det svenska uttrycket bredbandstympanometri istället för WAI, vissa andra uttryck inom ämnet kommer att benämnas på engelska då det saknas svenska motsvarigheter.

Fördelen med bredbandstympanometri likt tympanometri är att det är ett objektivt test som inte kräver några kirurgiska ingrepp och går snabbt att utföra. Bredbandstympanometri mäter över ett stort frekvensspann till skillnad från tympanometri som mäter med enstaka diskreta bärtoner (Prieve, Feeney, Stenfelt & Shahnaz, 2013a). Absorption/reflektion började studeras utifrån admittanskurvor som uppmäts med en diskret bärton (Sanford, Hunter, Feeney & Nakajima, 2013). Keefe och Levi (1996) var några av de första som undersökte detta och kallade kurvorna för reflektions-tympanometriska kurvor, de beräknade då reflektionen genom bland annat komponenter som impedans. Vid mätning av absorption/reflektion beräknas den reflekterade ljudenergin. Metoden går förenklat ut på att ljudtrycket i den reflekterade ljudvågen divideras med ljudtrycket i den ingående vågen. Detta kallas pressure reflectance och är en komplex uträkning som bland annat är beroende av impedansen i

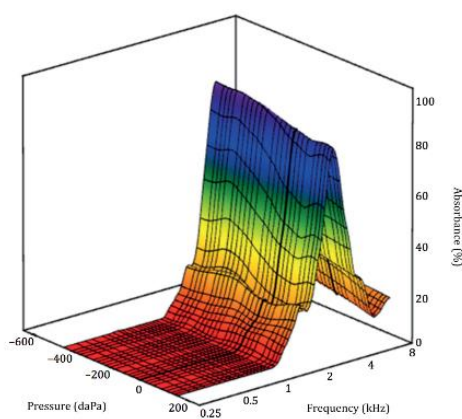
systemet och signalens magnitud och fas (Hunter & Shahnaz, 2014). Pressure reflectance kan i sin tur kvadreras för att få fram power reflectance. Power reflectance är ett mått på den reflekterade ljudenergin och är direkt förknippad med den absorberade ljudenergin (power absorbance) där $\text{power absorbance} = 1 - \text{power reflectance}$. Då pressure reflectance är en kvot mellan ingående och utgående våg kommer det alltid att vara ett tal mellan 0 och 1, detta innebär i sin tur att även power reflectance är ett tal mellan 0 och 1. Vid power reflectance innebär 0 att all energi absorberas av systemet och 1 att all energi reflekteras tillbaka. För power absorbance gäller det motsatta, då all energi reflekteras tillbaka vid 0 och all energi absorberas vid 1.

En fördel med power absorbance/reflectance är att det antas vara okänsligt för hur djupt proben placeras i hörselgången då det är oberoende av fas till skillnad från pressure reflectance (Rosowski et al., 2013). Figur 3 och 4 visar power reflectance och power absorbance i statiskt respektive i dynamiskt tryck. Den beräkningsmetod som oftast används vid bredbandstympanometri kallas för Thévenin, denna metod tar hänsyn till bland annat impedans. Thévenin utgår ifrån att hörselgången är ett cylinderformat rör och förutsätter att inget ljud absorberas på väg mot trumhinnan, samt att hörselgångens diameter är densamma mellan probe och trumhinna. Utrustningen kalibreras även med denna matematiska modell (Voss, Stenfelt, Neely & Rosowski, 2013). Skillnaden mellan impedans- och reflektionsmätningar är att impedansmätningar påverkas mer av hörselgångens anatomi och fysiologi och därför har svårt att uppmätas med alltför korta våglängder (Rosowski et al. 2015). Reflektionsmätningar är mindre känsliga för hörselgångspåverkan och kan därför uppmätas med betydligt högre och bredare frekvensspann (Hunter & Shahnaz, 2014).



Figur 3. Power reflectance och power absorbance i statiskt tryck (Voss et al., 2013). Power absorbance är mängden ljudenergi som absorberas av mellanörat, ett öra som absorberar majoriteten av ljudenergin har ett ratio nära 1. Mellanörat kan vara olika mottagligt för olika frekvenser, därför uppstår ofta en peak i power absorbance-kurvan vid maximal absorption (Hunter & Shahnaz, 2014; Rosowski et al. 2015; Rosowski et al., 2013).

Power reflectance står för den mängd inkommande ljud som reflekteras tillbaka till proben, ett öra som reflekterar majoriteten av inkommande ljud har ett ratio nära 1. Mellanörat är även här olika mottagligt för olika frekvenser och en notch kommer därför synas på power reflectance-kurvan vid de frekvenser där reflektionsminimum uppstår, power reflectance=1-power absorbance (Hunter & Shahnaz, 2014; Nakajima et al., 2013; Rosowski et al. 2015)



Figur 4. Power absorbance i dynamiskt tryck (Terzi, Özgür, Erdivanli, Coşkun, Ogurlu, Demirci & Dursun, 2015).

1.3.1 Interacoustics och Mimosa Acoustics

Det finns idag två system på marknaden för mätning av bredbandstympanometri, de är utvecklade av Mimosa Acoustics och Interacoustics. Mimosa Acoustics system kallas för MEPA3 (Middle-Ear Power Analysis) och kan användas på deras hårdvara HearID eller OtoStat. MEPA3 mäter från 200 till 6000 Hz, använder som stimuli ett chirp och mätningarna görs under statiskt tryck i hörselgången (Mimosa Acoustics, 2017). Interacoustics system kallas för WBT (Wideband Tympanometry) och är utvecklat för deras hårdvara Titan. WBT använder ett klick mellan 226 och 8000 Hz, mätningen kan utföras antingen med dynamiskt eller statiskt tryck (Interacoustics, 2017).

1.3.2 Tidigare studier

Enligt Voss, Horton, Woodbury och Sheffield (2008) är resultat från bredbandstympanometri svårtolkade bland annat på grund av variabilitet mellan mätresultatet hos samma individ. I ett försök att kartlägga orsaker till denna variabilitet utförde de mätningar på donerade hörselorgan från döda individer. De kom fram till att placering av proben påverkade resultatet både beroende på avstånd till trumhinna och hörselgångens diameter vid mätpunkten. Detta orsakade dock endast små skillnader och enligt forskarna är det inget som behöver tas hänsyn till i klinisk verksamhet. Storleken på mellanörats kavitet spelade desto större roll och de fann att power reflectance för frekvenser under 2000 Hz var lägre hos personer med större mellanörekavitet.

Shahnaz och Bork (2006) jämförde power reflectance-värden mellan vuxna individer med olika etniskt ursprung, kineser och kaukasier, de fick fram signifikanta skillnader mellan grupperna. I ett försök att utröna om skillnaderna berodde på kroppsstorlek istället för etnicitet jämfördes kinesiska män med kaukasiska kvinnor, då dessa grupper hade liknande kroppsstorlek i denna studie, vid denna jämförelse framgick inte några signifikanta skillnader. Forskarna ville utröna huruvida studiens normativa power reflectance-värden kunde urskilja mellan friska mellanöron och öron med otoskleros. Gruppen med otoskleros bestod enbart av kaukasier och forskarna jämförde deras resultat både med normativa värden från enbart kaukasier och genomsnittsvärden från kineser och kaukasier. Träffsäkerheten ökade då jämförelsen gjordes med normativa värden från den kaukasiska gruppen. Denna studie tyder på att normativa värden för bredbandstympanometri bör vara populationsspecifika.

I studie utförd av Liu, Sanford, Ellison, Fitzpatrick, Gorga och Keefe (2008) undersöktes power absorbance med klickstimuli i statiskt och dynamiskt tryck hos normalhörande vuxna.

Vid statiskt tryck uppstod power absorbance-maximum mellan 2000 och 4000 Hz, när dynamiskt tryck uppmättes uppstod en liknande peak vid samma frekvensspann som det statiska. Dock var power absorbance-värdena högre under 2000 Hz med det dynamiska trycket än i det statiska. Olika hastigheter på det dynamiska trycket testades med ingen signifikant skillnad i power absorbance uppmättes. Forskarna i denna studie belyser att mer forskning av denna diagnostiska metod behövs både på friska öron och på öron med olika patologier.

2. Syfte

Syftet med studien är att ta del av aktuell forskning om bredbandstympanometri och utifrån det undersöka dess värde som verktyg vid diagnostisering av mellanörepubatologier hos barn och vuxna.

2.1 Frågeställningar

- Föreligger det aktuell forskning som belyser behovet av att populationsspecifika normativa värden finns för bredbandstympanometri?
- Vilka mellanörepubatologier kan enligt dagens forskning upptäckas med LFT relativt med bredbandstympanometri?
- Kan bredbandstympanometri komplettera det audiologiska testbatteriet?

3. Metod och material

Vi har valt att utföra en beskrivande litteraturstudie. Först läste vi in oss på området för en grundläggande kunskap inom bredbandstympanometri, LFT samt mellanörats fysiologi och patologi. Detta har vi gjort genom att läsa ett stort antal artiklar samt böcker om ämnet. Informationssökningen riktades därefter mer specifikt mot det diagnostiska värdet hos bredbandstympanometri och begrepp inom immittansmätningar.

Tabell 1. Artikelmatris över vilka sökord som använts vid litteratursökning och i vilka sökmotorer, vilka datum som dessa sökningar utförts, vilka begränsningar som använts i sökmotorerna. Dessutom anges antal träffar, utgallring efter relevans och antal slutgiltigt valda artiklar.

Datum	Databas	Söktermer	Begränsningar	Antal träffar	Relevanta titlar (exkl. dubletter)	Relevanta artiklar för genomläsning	Valda källor
2017-02-15	PubMed	1. Wideband acoustic immittance		29	18	11	7
2017-02-15	PubMed	2. Tympanometry sensitivity specificity	senaste 5 åren	54	8	0	0
2017-02-15	PubMed	3. absorbance ear canal		22	16	5	3
2017-02-20	Cinahl	4. Wideband acoustic immittance		20	0	0	0
2017-02-20	Cinahl	5. Tympanometry sensitivity specificity		1	0	0	0
2017-02-20	Cinahl	6. absorbance ear canal		6	0	0	0
2017-02-20	PubMed	7. reflectance ear canal	senaste 5 åren	30	5	5	4
2017-02-20	Cinahl	8. reflectance ear canal	senaste 5 åren	6	3	2	0

2017-02-20	Google Scholar	9. "Wideband acoustic immittance"	2012–2017	113	13	9	1
2017-02-20	PubMed	10. power reflectance	5 år människor	36	0	0	0
	Övrigt	-	-	-	3	3	3
Totalt							18

3.1 Databaser

De databaser som använts är PubMed, Cinahl, och Google Scholar. Det slutgiltiga antalet artiklar som redovisas i resultatet är 18 stycken. MESH har använts för omkringliggande termer som kommit upp vid litteratursökningen, våra söktermer berörs inte i svensk MESH och har därför inte använts i denna sökmotor. För söktermer se tabell 1.

3.2 Datainsamling

Datainsamlingen påbörjades med en sökning på samlingsbegreppet för mätmetoden av intresse, “wideband acoustic immittance”, artiklarna sorterades därefter utifrån relevans för uppsatsens frågeställningar. Ytterligare sökningar utfördes på mer specifika sökord inom området. På grund av den begränsade tillgången på material angående bredbandstympanometri (sökning på “wideband acoustic immittance” gav 29 träffar i PubMed) har sökning även gjorts genom att använda relevanta artiklars referenser, som kontroll för att minska risken för relevanta artiklars bortfall. Inom bredbandstympanometri finns det ett begränsat antal forskare som publicerat studier, därför har en inventering av deras publikationer utförts. Trots olika sökord fick vi fram ett litet antal artiklar, varav relevanta artiklar för frågeställningarna oftast förekom vid flera olika sökningar och olika sökmotorer. 15 artiklar kommer från litteratursökningen, en har vi tagit del av via en person inom professionen och de två sista har hittats genom sökning av andra källors referenser.

Vid litteratursökningen gallrades sökträffarna först utifrån titel och sedan efter abstrakt. Alla artiklar som fortfarande ansågs vara relevanta lästes och sammanfattades sedan av båda författarna av uppsatsen för att minska risken för missförstånd. Resultatet av utvalda artiklar har sammanställts gemensamt. De utvalda artiklarna har sammanställts i tabell 2 och innehåller titel, forskare, år för publicering, land för utförande, upplevd kvalitet, utrustning, mätmetod, stimuli, om resultatet angivits i power absorbance eller power reflectance, syfte, metod, resultat och slutsats.

3.2.1 Frågor till yrkesverksamma

För att få en inblick i hur bredbandstympanometri upplevs praktiskt har kliniskt yrkesverksamma tillfrågats om deras erfarenheter. Frågor har besvarats av yrkesverksamma inom hörselvården som börjat använda sig av bredbandstympanometri. Frågorna de fick besvara via mejl var följande:

1. Var det svårt att lära sig att utföra mätningarna?
2. Är resultaten lätta att tolka?

3. Hur ofta används utrustningen?
4. När används utrustningen?
5. Upplever ni någon skillnad gentemot klassisk tympanometri i...
 - a. användarvänlighet?
 - b. användbart resultat?
6. Skulle ni rekommendera detta verktyg till andra kliniker?

Totalt har nio individer besvarat frågorna och det är två verksamheter i Sverige som tillfrågats. Anledningen till att bara två verksamheter tillfrågats är att bredbandstympanometri är relativt nytt i den kliniska verksamheten och att det är få som hunnit implementera detta i sin verksamhet. Datainsamling har skett från 14 mars till 28 mars och kommer att benämnas ”i personlig kommunikation med kliniskt verkssamma (2017-03-28)” då data sammanställdes vid den tidpunkten. Denna sammanställning kommer endast att användas i diskussionen. Anledningen till att svaren endast kommer redovisas i diskussionen är då uppsatsens omfattning hade blivit för stor om vi även skulle utfört en enkätstudie, tillsammans med den beskrivande litteraturstudien. Då få verksamheter ännu ej implementerat testmetoden fanns även en viss osäkerhet för att tillräckligt många svar skulle kunna samlats in för en enkätstudie.

3.3 Urvalskriterier

Inklusions- och exklusionskriterier har använts vid sortering av artiklarna. De inklusionskriterier som använts är att artiklarna ska ha publicerats 2012 eller senare och varit skrivna på engelska eller svenska. Vissa av de inkluderade artiklarna har studerat bredbandstympanometri vid patologiska tillstånd både i mellanörat och innerörat, i dessa fall har de delar av artikeln som rört innerörat exkluderats från redovisat resultat. Inga studier utförda på djur har använts i denna uppsats. På grund av tidsbegränsningen valdes stapediusreflexmätning att uteslutas trots att det också faller inom begreppet immittansmätningar.

3.4 Kvalitetsgranskning och etiska överväganden

En kvalitetsbedömning av artiklarna har utförts där hänsyn tagits till hur väl deras tillvägagångssätt och utrustning beskrivits samt till studiens deltagarantal. Inklusions- och exklusionskriterier samt bortfall ska även ha varit tydligt klargjorda. Den uppfattade kvaliteten redovisas i tabell 2. Hänsyn har även tagits till hur ofta och noga mätutrustningen

kalibrerats. Hur forskarna redovisat stimuli och tryckmetod, alla studierna har utförts i tysta omgivningar vilket också varit en komponent i kvalitetsgranskningen.

I resultatet används endast originalartiklar och de redovisas oavhängigt deras resultat.

Samtliga studier har godkänts av etiska kommittéer. De yrkesverksammas svar redovisas anonymt och oberoende av svar.

4. Resultat

För begreppsförklaring se bilaga 1 och för förklaring av notch vid power reflectance samt peak vid power absorbance se figur 3.

4.1 Resultattabell

Tabell 2. Resultatet är uppdelat enligt tabellen. Först redovisas artiklar som berör frågeställning ett normativa värden, därefter redovisas frågeställning två och sedan tre. En kategorisering av varje artikels upplevda kvalitet kommer redovisas i tabellen.

Artikel-information	Titel	Antal deltagare (kön) ålder	Utrustning	Syfte	Metod	Slutsats
1. 2012 USA Rosowski et al. God kvalitet	Ear-Canal Reflectance, Umbo Velocity and Tympanometry in Normal Hearing Adults	Totalt: 58 öron - 22–64 år	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp (200-6000 Hz) - Power reflectance	Normalhörande individers power reflectance uppmättes för att skapa en grund av normativa värden för utökad klinisk nytta.	Jämförelser gjordes mellan öron (höger/vänster) samt kön och ålder. Medelvärde för power reflectance beräknades på alla 58 öron.	Vid vissa frekvenser framgick signifikanta skillnader i power reflectance för höger och vänster öra, ålder och kön.
2. 2015 Malaysia Mazlan et al. God kvalitet	Age and Gender Effects on Wideband Absorbance in Adults With Normal Outer and Middle Ear Function	Totalt: 101 deltagare - 20–82 år - Deltagarna hade tre olika etniska ursprung. Tre olika grupper - 40 st (20–38 år) - 31 st (42–64 år) - 30 st (65–82 år)	Interacoustics - Statiskt - Klick (280-8000 Hz) - Power absorbance	Undersöka kön och ålders påverkan på power absorbance.	Medelvärde för power absorbance jämfördes mellan grupperna, hänsyn togs även till etnicitet samt kön.	Signifikant skillnad mellan den yngsta gruppen och de två äldre grupperna. Ingen signifikant skillnad mellan de båda äldre grupperna eller mellan etniskt ursprung. Viss skillnad utröntes mellan könen.
3. 2012 USA Carpenter et al. Medel kvalitet	Missing Links in Some Curious Auditory Phenomena: A Tale from the Middle Ear	Totalt: 56 deltagare - 18–66 år Två grupper: - 18–25 år - 50–66 år Jämn fördelning mellan kön.	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp (258-5040 Hz) - Power reflectance	Studera eventuell påverkan av ålder, öra samt kön på power reflectance.	Hänsyn till power reflectance har tagits till de tre tidigare nämnda parametrarna.	Vid vissa frekvenser framgick signifikant skillnad mellan ålder, öra samt kön hos power reflectance.
4. 2013 Australien Aithal et al. God kvalitet	Normative wideband reflectance measures in healthy neonates	Totalt: 66 öron. - 13,3–116,5 h	Interacoustics Reflwin - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power reflectance	Att ta fram normativa power reflectance värden för nyfödda.	Alla barn testades med 1000 Hz tympanometri, TEOAE, DPOAE samt stapediusreflexmätning. power reflectance medelvärden beräknades utifrån 16 klick på samma öra.	Resultatet visade på att det inte var någon signifikant skillnad mellan kön eller öron men att power reflectance varierade över frekvenser.

5. 2014a Australien Aithal et al. God kvalitet	Wideband Absorbance in Australian Aboriginal and Caucasian Neonates	Totalt: 190 deltagare - 8,1–152 h Två grupper: Australiska ursprungsbefolkningen: - 32 st (22-86h) Kaukasier: - 158 st (8,1-152h)	Interacoustics Reflwin - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power absorbance	Få fram normativa värden hos spädbarn med pass eller fail hos ett testbatteri och även göra en jämförelse av etniciteter.	Testbatteri: DROAE 1000 Hz tympanometri samt aABR som sedan jämfördes med power absorbance.	Signifikant skillnad mellan de båda etniska grupperna.
6. 2014b Australien Aithal et al. God kvalitet	Wideband Absorbance in Young Infants (0–6 months): A Cross-Sectional Study	Totalt: 148 öron - 0–6 mån Fem grupper: - 0 mån - 1 mån - 2 mån - 4 mån - 6 mån	Interacoustics Reflwin - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power absorbance	Studera åldersskillnader hos normalhörande små barns power absorbance.	Samtliga barn hade klarat 1000 Hz tympanometri samt DPOAE. Medelvärde hos power absorbance beräknades från 16 klick på samma öra.	Signifikant skillnad mellan den yngsta gruppen och den äldsta gruppen, både gentemot varandra samt de tre mittersta grupperna. De tre mittersta grupperna uppmätte ingen signifikant skillnad mellan varandra. Ingen signifikant skillnad mellan kön och öra.
7. 2012 USA Keefe et al. God kvalitet	Wideband aural acoustic absorbance predicts conductive hearing loss in children	Totalt: 78 öron - 2,6–8,2 år Två grupper: - 35 öron med OME - 43 i kontrollgrupp med friska öron.	Interacoustics - Statiskt/dynamiskt (+200 till -300 daPa) - Klick - Power absorbance	Att jämföra power absorbance i statiskt och dynamiskt tryck och jämföra dess förmåga att särskilja barn med konduktiv hörselnedsättning från en kontrollgrupp.	Power absorbance jämfördes med LFT. Konduktiv hörselnedsättning (luft-ben-gap vid minst en frekvens) och normalhörande kontrollgrupp kategoriserades med tonaudiometri.	Ingen signifikant skillnad mellan statiskt och dynamiskt tryck. Signifikant skillnad mellan LFT och power absorbance vid ledningshinder över 25 dBHL.
8. 2016 USA Sun God kvalitet	Wideband Acoustic Immittance: Normative Study and Test-Retest Reliability of Tympanometric Measurements in Adults	Totalt: 84 öron. - 18–35 år. Alla var normal hörande. - 72 kvinnor - 12 män	Interacoustics - Statiskt/dynamiskt (+200 till -300 daPa) - Klick (236-8000 Hz) - Power absorbance	Att skapa referensvärden för normativa värden hos bredbandstympanometri, samt att karaktärisera dess konfigurationer.	Tester utfördes vid båda tryckmetoderna, det dynamiska trycket utfördes 8 gånger utan att proben placerades om på 40 av personerna.	Test-retest gav gott resultat, när det dynamiska trycket mättes upprepade gånger. Skillnaden mellan statiskt och dynamiskt tryck var signifikant.
9. 2013b USA Prieve et al. God kvalitet	Identification of Conductive Hearing Loss in Young Infants Using Tympanometry and Wideband Reflectance	Totalt: 60 deltagare - 3,1–36,3 veckor Två grupper - 17 misstänks ha en konduktiv hörselnedsättning. - 43 i kontrollgruppen.	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp (611-6000 Hz) - Power reflectance	Att jämföra hur effektiva power reflectance och tympanometri vid 226, 678 samt 1000 Hz var på att detektera konduktiv hörselnedsättning hos små barn.	Ett öra uppmättes på vardera barnet. Kontrollgruppen har klarat luft- och benlednings aABR samt OAE. Den andra gruppen misstänks ha ledningshinder efter dessa test.	Ingen signifikant skillnad i diagnostisk förmåga mellan tympanometri utförd vid 678, 1000 Hz samt power reflectance.

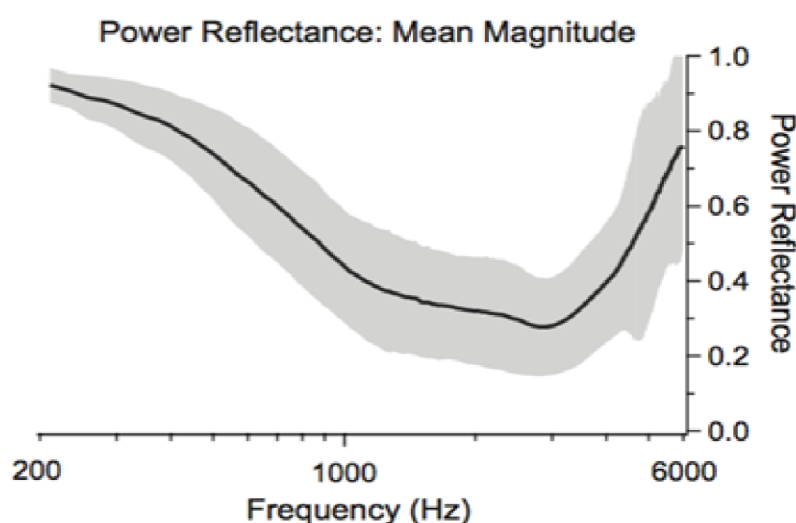
10. 2015 Turkiet Terzi et al. God kvalitet	Diagnostic value of the wideband acoustic absorbance test in middle-ear effusion	Totalt: 172 öron - 20–136 månader Tre grupper: - 68 öron med OME - 44 öron med OM - 60 öron i kontrollgrupp	Interacoustisc Titan - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power absorbance	Att undersöka det diagnostiska värdet hos bredbandstympanometri när LFT kurvor jämfördes med power absorbance hos barn med OME.	Kontrollgruppen har uppnått godkända resultat med TEOAE samt LFT. Båda grupperna med patologi har diagnostiserats med myringotomi.	100 % sensitivitet samt specificitet hos power absorbance i att särskilja öronen med OME från de andra två grupperna. Ingen signifikant skillnad mellan kön eller ålder.
11. 2012 USA Ellison et al. God kvalitet	Wideband acoustic transfer functions predict middle-ear effusion	Totalt: 112 öron - 0,5–7 år Två grupper: - 53 öron med MEE - 59 friska öron i en kontrollgrupp.	Egen utrustning - Probe från Interacoustics - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power absorbance	Att undersöka hur väl power absorbance kunde särskilja barn med normal mellanörestatus från barn med MEE.	Barnen med MEE är diagnostiserade. Kontrollgruppen ansågs vara normalhörande vid Pneumatisk otoskopi.	Power absorbance minskade i hela frekvensspannet vid närvarande MEE.
12. 2014 USA Feeney et al. God kvalitet	Sources of Variability in Wideband Energy Reflectance Measurements in Adults	Totalt: 136 deltagare - 20–59 år Två grupper: - 112 stycken godkända LFT kurvor. - 24 med avvikande LFT kurvor.	Egen utrustning - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power reflectance	Jämföra power reflectance mellan de två grupperna.	Följande parametrar har jämförts: Öra, ålder, kön samt skillnader i power reflectance och LFT.	Medelvärden för power reflectance vid samtliga parametrarna uppvisade små signifikanta skillnader vid vissa frekvenser.
13. 2012 USA Voss et al. God kvalitet	Effects of Middle-Ear Disorders on Power Reflectance Measured in cadaveric Ear canals	Totalt: 8 donerade hörselorgan post mortem. Alla organ mättes utan patologier med positivt och negativt tryck i hörselgången. Utförda patologier: - 4 st vätskefyllda (med saltlösning) - 5 st stapesfixation (med dental tätningsmassa) - 8 st dislokation (tvärsnitt)	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp - Power reflectance	Syftet var att uppmäta olika patologier på samma friska öron där forskarna var helt säkra på att inga ytterligare patologier förelåg.	De testade att mäta de friska organen i olika tryck. Flera patologier utfördes på samma organ. Mätningar av power reflectance utfördes före, under efter utförd patologi där detta var möjligt.	Om örat fylldes med saltlösning till mindre än hälften kunde någon effekt på power reflectance knappt skönjas.
14. 2016 USA Merchant et al. God kvalitet	Controlled exploration of the effects of conductive hearing loss on wideband acoustic immittance in human cadaveric preparations	Totalt: 14 friska hörselorgan, donerade post mortem. Utförda patologier: - 8 st Stapesfixation (med dental tätningsmassa) - 10 st Malleusfixation (med dental tätningsmassa) - 10 st dislokation (tvärsnitt)	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp (200-6000 Hz) - Power reflectance	Undersökte om bredbandstympanometri kan vara ett värdefullt och effektivt diagnostiskt verktyg när mellanörepatorlogier ska urskiljas från varandra, då dagens kliniska diagnostiska verktyg inte innefattar en effektiv icke-invasiv metod för att urskilja detta.	Flera patologier utfördes på samma organ. Mätningar av power reflectance utfördes före, under efter utförd patologi där detta var möjligt.	Power reflectance ökade vid stelare system vid låga frekvenser och dislokation ger ett rörligare system, en notch uppmättes vid 500 Hz.

15. 2012 USA Nakajima et al. Medel kvalitet	Comparison of Ear-Canal Reflectance and Umbo Velocity in Patients With Conductive Hearing Loss: A Preliminary Study	Totalt: 20 deltagare. - 22–72 år Två grupper: - 14 st stapesfixation (otoscleros) - 6 st dislokation	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp (2000-6000 Hz) - Power reflectance	Undersöka power reflectance hos individer med konduktiv hörselnedsättning där varken perforation eller undertryck föreligger.	Personerna har diagnostiserats med operation och de har genomgått luft- samt benlednings audiometri. Även LFT utfördes.	Power reflectance i denna studie kunde i samband med tonaudiometri differentiera mellan dislokation och stapesfixation.
16. 2015 Australien Aithal et al. God kvalitet	Wideband Absorbance Outcomes in Newborns: A Comparison With High-Frequency Tympanometry, Automated Brainstem Response, and Transient Evoked and Distortion Product Otoacoustic Emissions	Totalt: 298 öron - 8,3–152 h	Interacoustics Reflwin - Statiskt - Klick (250-8000 Hz) - Power absorbance	Att undersöka validiteten hos bredbandstympanometri, genom att jämföra power absorbance värden med olika testkombinationer.	Tester som kombinerades med varandra var: aABR, 1000 Hz tympanometri, TEOAE, DPOAE. Kombinationerna var nio stycken där olika antal av dessa test inkluderades. Dessa jämfördes sedan med power absorbance. Alla barn klarade inte alla testkombinationer.	I studien påvisades att power absorbance var lika effektivt när det kom till att utröna mellanörepatoologi som de testkombinationer där maximalt antal test ingick (tre stycken).
17. 2014 USA Abur et al. Medel kvalitet	Intrasubject Variability in Power Reflectance	Totalt: 14st öron från kvinnor. - 19–22 år.	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp - Power reflectance	Att studera hur power reflectance varierar vid upprepade mätningar mellan och inom individer. Dessutom undersöktes probeplacering.	Upprepade power reflectance-mätningar på samtliga individer. Studien jämför sina power reflectance-värden med de uppmätta normativa power reflectance som Rosowski et al. kommit fram till.	För minst variation av power reflectance mellan och inom individer tyder denna studie på att en djupare placering av proben är att föredra. Skillnaden mellan individer var större än inom individer.
18 2015 USA Farahmand et al. Medel kvalitet	The Audiometric and Mechanical Effects of Partial Ossicular Discontinuity	Totalt: 4 st hörselorgan som donerats post mortem. 12 öron på levande individer - 16–70 år De levande delades in i två grupper - 6 st fullständig dislokation - 6st med ofullständig dislokation.	Mimosa Acoustics - Statiskt - Chirp (200-6000 Hz) - Power reflectance	Att undersöka hypotesen att luft-ben gap vid 4000 Hz är tecken på dislokation.	De 12 testpersonerna med dislokation uppvisade alla ett luft-ben gap vid 4000 Hz. På dessa utfördes power reflectance mätningar. Hörselorganen studerades i samma syfte. Resultaten jämfördes med de normativa värdena från Rosowski et al. studie.	För den levande gruppen uppstod en notch vid 700 Hz oavsett dislokationens grad. Notchen hade ett något lägre minimum för gruppen med fullständig dislokation. Power reflectance för de olika hörselorganen uppmätte en notch mellan 500–8000 Hz.

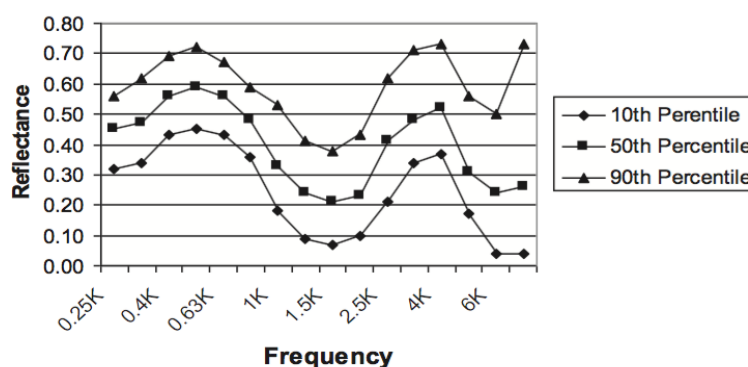
4.2 Normativa värden

En studie vars resultat använts som normativ referenspunkt i flera efterföljande studier som redovisas längre fram i detta resultat utfördes av Rosowski, Nakajima, Hamade, Mahfoud, Merchant, Halpin och Merchant (2012). Forskarnas mål var att skapa en grund med normativa värden för vidare studier av power absorbance/reflectance och för utökad klinisk nytta. Medelvärde för power reflectance över frekvensspannet var nära 1 vid 200 till 300 Hz, det vill säga nästintill all energi reflekterades tillbaka mot proben. Därefter minskade power reflectance och mellan 1000 och 4000 Hz var medelvärdet 0,3 till 0,4, här uppstod alltså en notch i power reflectance-kurvan. Rosowski et al. (2012) kunde dock utröna att en del individuella skillnader uppmättes avseende var power reflectance-minimum uppstod i detta frekvensområde. Efter minimumet ökade power reflectance igen i takt med frekvensökningen och vid 6000 Hz var värdet 0,8. Figur 5 visar de normativa värden som tagits fram i denna studie. Vid 1000 Hz uppmättes signifikant skillnad för power reflectance som funktion av ålder, de kunde se att värdena sjönk i takt med ökad ålder.

För att utöka normativa data för bredbandstympanometri har studier även gjorts utifrån olika faktorer såsom etnicitet, ålder, kön samt höger och vänster öra. Mazlan, Kei, Ya, Yusof, Saim och Zhao (2015) undersökte just detta och i deras studie på vuxna visade sig ålder ha signifikant påverkan, kön innebar små skillnader i power absorbance vid vissa frekvenser men inga skillnader kunde påvisas för etnicitet. Den totala gruppens power absorbance uppvisade en peak mellan 1590 till 3170 Hz, likheter kan dras med den notch i power reflectance som Rosowski et al. (2012) uppmätte vid 1000 till 4000 Hz. Mazlan et al. (2015) utförde även mätningar på hörselgångsvolymer då noterades det att män hade större hörselgångsvolym än kvinnor, vilket kanske skulle kunna förklara könsskillnader till viss del. Forskarna i denna studie diskuterade huruvida mellanörats åldrande kanske påbörjas redan i medelåldern, vilket skulle kunna förklara de liknande resultat som uppmätts hos de två åldersgrupperna medelålders och äldre. Slutsatsen som drogs var att det är viktigt att ta fram och arbeta utifrån ålders- och könsspecifika normer vid tolkning av power absorbance.



Figur 5a. Det svarta strecket visar genomsnittlig power reflectance i statiskt tryck för 58 friska öron. Det grå fältet är en standardavvikelse från medelvärdet (Rosowski et al., 2012).



Figur 5b. Power reflectance-median samt normativa värden för spädbarnen i studien. Normativt värde har bestämts till att vara mellan 10de och 90de percentilen (Aithal et al., 2013).

En annan studie som antydde att mer köns- och åldersspecifik forskning kan behövas för att eventuellt ta fram populationsspecifika normer på vuxna utfördes av Carpenter, Cacace och Mahoney (2012). De fick fram signifikanta skillnader i power reflectance mellan könen vid ett par specifika frekvenser. Vid jämförelse med öra, kön och ålder som olika parametrar noterades det att yngre kvinnor hade lägst power reflectance-värden på höger öra medan de äldre kvinnorna var de som hade högst power reflectance och det uppmättes också i deras högra öron.

Normativa värden för spädbarn har tagits fram av Aithal, Kei, Driscoll och Khan (2013), median för dessa värden visas i Figur 6. Power reflectance-minimum uppmättes runt 1000 till 2000 Hz och maximum uppmättes vid 500 Hz och 4000 Hz. Aithal, Kei och Driscoll (2014a)

mätte power absorbance på barn från två olika etniciteter. Den australiska ursprungsbefolkningen är överrepresenterad när det kommer till konduktiva hörselnedsättningar och mellanörepubatologier. Samtliga barn i de olika grupperna testades med ett specifikt testbatteri (se tabell 2, artikel 5), 61 % klarade detta testbatteri från båda grupperna, signifikant skillnad fanns i födelsevikt mellan de två barngrupperna. När power absorbance jämfördes mellan dem som klarat screeningen från de båda etniska grupperna framgick det att barnen från ursprungsbefolkningsgruppen ändå hade signifikant lägre power absorbance mellan 400 till 2000 Hz än den andra gruppen. När de båda grupperna jämfördes hade med icke godkända resultat från testbatteriet ett signifikant lägre power absorbance runt 1500 till 3000 Hz i ursprungsbefolkningsgruppen än i den kaukasiska. Oavsett etnicitet hade de barn med icke godkända resultat på de båda testerna ett signifikant lägre power absorbance mellan 200 och 300 samt 800 och 4000 Hz. Det som framkom i studien var att trots att testbatteriet med DPOAE och tympanometri med en bärton på 1000 Hz godkände en lika stor procentuell andel barn ur de båda etniska grupperna fanns en del signifikanta skillnader vid power absorbance, därför yrkar forskarna på att ytterligare forskning behövs mellan olika etniska grupper (Aithal et al., 2014a).

En studie som använt ett liknande testbatteri som Aithal et al. (2014a) på små barn mellan 0 och 6 månader med normal mellanörestatus är utförd av Aithal, Kei och Driscoll (2014b). Oavsett åldersgrupp uppmättes power absorbance-maximum mellan 1500 och 5000 Hz men formen på power absorbance-kurvan skiljde sig ändå mellan grupperna (se tabell 2, artikel 6). För både den yngsta och den äldsta gruppen skiljde sig power absorbance signifikant från alla de andra grupperna vid de flesta frekvenser. Power absorbance för grupperna en till fyra månader varierade också men här rörde det sig om signifikanta skillnader vid endast ett fåtal frekvenser.

Keefe, Sanford, Ellison, Fitzpatrick och Gorga (2012) jämförde de olika metoderna, dynamiskt tryck och statiskt tryck, det framgick inga signifikanta skillnader tryckmetoderna emellan. I denna studie undersökte de även skillnader mellan LFT och power absorbance, då uppmättes signifikanta skillnader. Vid både statiskt och dynamiskt tryck noterades ett mindre power absorbance för barngruppen med konduktiv hörselnedsättning mellan 700 och 8000 Hz än för den normalhörande gruppen. I statiskt tryck uppmättes för den normalhörande barngruppen ett högre power absorbance än för gruppen med konduktiv hörselnedsättning över större delen av frekvensspannet. Ett samband fanns mellan ledningshindrets storlek och power absorbance-värdet, ett större ledningshinder resulterade i ett lägre power absorbance.

Oavsett statiskt eller dynamiskt tryck fanns ett samband mellan konduktiv hörselnedsättning och lägre power absorbance, både det statiska och dynamiska trycket var lika effektivt när det kom till att utröna konduktiv hörselnedsättning vid närvarande OME i denna studie. Sun (2016) fann däremot i sin studie en signifikant skillnad hos normalhörande vuxna för power absorbance mellan de båda tryckmetoderna. Konfigurationen var dock oavsett tryck stigande från låga frekvenser med ett maximum vid 4000 Hz för att sedan falla, för frekvenser upp till 2000 Hz uppstod det endast en peak och vid högre frekvenser bildades två peakar.

4.3 Patologier

Prieve, Vander Werff, Preston och Georgantas (2013b) jämförde tympanometri med tre olika bärtoner och power reflectance på barn som var nio månader eller yngre. I denna studie ingick både barn med och utan konduktiv hörselnedsättning, dessa två grupper jämfördes med varandra. LFT kunde här inte särskilja barn med konduktiv hörselnedsättning från dem med väl fungerande mellanöron, däremot visade tympanometri vid 678 och 1000 Hz på likvärdig förmåga som power reflectance när det kom till att skilja patologiska från fungerande mellanöron. Power reflectance uppmätte en signifikant skillnad mellan de båda grupperna vid ett flertal frekvenser mellan 800 och 6300 Hz.

En jämförelse mellan power absorbance i statiskt tryck och LFT gjordes även av Terzi, Özgür, Erdivanli, Coşkun, Ogurlu, Demirci och Dursun (2015). Anledningen till att power absorbance-mätningarna utfördes under statiskt tryck var att de flesta deltagarna i studien uppvisade B-kurva vid LFT. Det framkom i studien att power absorbance var mer effektivt och korrekt när det kom till att särskilja öron med OME och mediaotit från normalhörande jämfört med LFT. Forskarna menade att power absorbance med fördel kan användas i det diagnostiska testbatteriet som ett komplement till LFT. Hur väl power absorbance kunde särskilja barn med normal mellanörestatus och barn med MEE undersöktes av Ellison, Gorga, Cohn, Fitzpatrick, Sanford, och Keefe (2012). Skillnaden var störst mellan grupperna från 1500 till 3000 Hz, där power absorbance-värdena varierade mellan 0,2 och 0,5, enligt forskarna var det frekvensspannet det lämpligaste för att påvisa MEE. De menade också att ett statiskt tryck kan vara att föredra när misstanke om MEE finns på grund av att smärta kan uppstå vid dynamiska tryckförändringar.

Olika patologiska tillstånd har även undersökts med bredbandstympanometri på vuxna. Feeney, Stover, Keefe, Garinis, Day och Seixas (2014) kom fram till att gruppen med avvikande LFT i deras studie antingen hade högre eller lägre power reflectance i

frekvensområdet från 500 till 2000 Hz än kontrollgruppen. Resultaten visade att medianen för power reflectance vid avvikande LFT var nära 1 vid 250 Hz och att när frekvensen sedan ökade så minskade power reflectance och att det uppstod två notcher vid 1300 och 3000 Hz. Då frekvensen ökade ytterligare minskade power reflectance igen och nådde ett maximum runt 6000 Hz.

Ett flertal studier har utförts på hörselorgan som donerats post mortem, en av dem har utförts av Voss, Merchant och Horton (2012). De framhöll att det är en svårighet att många individer med mellanörepubatologier ofta har multipla problem i mellanörat och att det finns stor individuell skillnad i power absorbance/reflectance hos normalhörande individer, vilket försvårar tolkningen av bredbandstympanometri. För att kringgå denna svårighet mättes power reflectance på friska hörselorgan, maximum uppmättes vid frekvenser vid 200 Hz, därefter minskade power reflectance i takt med frekvensökning och en notch uppstod runt 1000 Hz. Efter det steg power reflectance sakta i takt med frekvens fram till 6000 Hz. När olika statiska tryck applicerades i hörselgången ökade power reflectance i frekvensspannet 1000 till 2000 Hz ju längre det statiska trycket kom från mellanörats normala tryck, oavsett om tryckändringen var negativ eller positiv i hörselgången. Power reflectance-värden som uppmättes över 2000 Hz uppvisade en större asymmetri vid tryckändring.

Voss et al. (2012) åsamkade därefter olika patologier under kontrollerade former och mätningarna upprepades. Vid dislokation minskade power reflectance för låga frekvenser under 1000 Hz. Vid simulerad OME framgick det att mängden vätska i örat hade stor påverkan på resultatet av mätningen, ju större del av mellanörat som vätskefylldes desto mer ökade power reflectance för de flesta frekvenser. När stapes fixerades uppmättes förändringar i power reflectance hos samtliga organ, dessa ändringar uppmättes i frekvensspannet fram till 3000 Hz men graden av påverkan på organen varierade.

Även Merchant, Merchant, Rosowski och Nakajima (2016) utförde en studie på donerade hörselorgan. Metoden liknade den som användes av Voss et al. (2012) där mätningar utfördes före, under och efter patologi. Det som skiljer studierna åt är att Merchant et al. (2016) undersökte malleusfixation men inte vätskefyllt mellanöra. Merchant et al. (2016) kunde utröna ett samband mellan de olika fixationerna då bägge ökade power reflectance i frekvensspannet fram till 2000 Hz. En skillnad mellan fixationerna var att malleusfixation uppvisade en jämnare och något högre ökning än stapesfixation. Den sista patologin som skapades var dislokation. Uppmätt power reflectance vid denna patologi skiljde sig från de två

andra patologierna, en skarp notch uppkom vid 500 Hz, i övriga frekvensområdet uppmättes liknande power reflectance-värden som hos de friska organen.

I en studie som utfördes av Nakajima, Pisano, Roosli, Hamade, Merchant, Mahfoud och Merchant (2012) mättes power reflectance vid två olika patologier på personer, den ena av dem var dislokation. De utrönte då att vid denna patologi uppstod en notch mellan 500 och 800 Hz något som även Merchant et al. (2016) fick fram i sin studie. Forskarna menade på att denna konfiguration kan tyda på att systemet är överrörligt. Den andra patologin som mättes var stapesfixation, power reflectance-värden jämfördes med de normativa värden som Rosowski et al. (2012) kommit fram till. Det Nakajima et al. (2012) kunde påvisa var att power reflectance-värdena var något förhöjda vid låga frekvenser för stapesfixation jämfört med det normativa värdet. Studien visade att LFT gav godkända kurvor för tio av de elva öronen med stapesfixation samt för fem av de sex öronen med dislokation. Nakajima et al. (2012) drog slutsatsen att power reflectance i samband med tonaudiometri kan vara en värdefull del i det audiologiska testbatteriet när det kommer till att differentiera mellan dislokation och stapesfixation.

4.4 Det audiologiska testbatteriet

Aithal, Kei, Driscoll, Khan och Swanston (2015) menade att det finns en mängd olika studier som studerat normativa värden för spädbarn där bredbandstympanometri undersökts gentemot ett litet testbatteri. Genom att mäta bredbandstympanometri på små barn ämnade de att undersöka detta tests validitet, deras ambition var även att undersöka bredbandstympanometri på normalhörande barn gentemot ett flertal testkombinationer. Detta skulle sedan kunna användas för att urskilja normalhörande barn från dem med mellanörepatorier. De kunde se att power absorbance mellan 1000 och 4000 Hz var det frekvensspann som var mest påverkat av konduktiva hörselnedsättningar. I studien framgick det att power absorbance var lika effektivt när det kom till att utröna mellanörepatorier som de testkombinationer där maximalt antal test ingick.

Abur, Horton, och Voss (2014) utförde en studie där de vid upprepade tillfällen undersökte vilken effekt probens placering hade på power reflectance mellan olika individer och inom individer. Mätningarna utfördes på varje individ vid åtta olika tillfällen med minst en veckas mellanrum. Genom att proben placerades på tre olika avstånd till trumhinnan och power reflectance uppmättes vid samtliga placeringar kunde betydelsen av probens läge i hörselgången utvärderas. Vid varje mättillfälle placerades proben först närmast trumhinnan

för att sedan flyttas utåt med samma avstånd för varje mätning. Resultaten visade att då proben befann sig närmast trumhinnan innebar det minst variation på samma individ vid de olika mättillfällena. Det var främst frekvenser under 1000 Hz som påverkades av probens placering.

Enligt Farahmand, Merchant, Lookabaugh, Röösli, Ulku, McKenna och Nakajima (2016) antas luft-ben-gap vid 4000 Hz ofta bero på mätfel. De menade dock att det även kan tyda på delvis eller fullständig dislokation. För att testa denna hypotes mätte de power reflectance på flera individer och på donerade hörselorgan med olika grader av dislokation. De levande deltagarnas tonaudiogram uppvisade luft-ben-gap vid 4000 Hz. Power reflectance hade i denna studie svårt att särskilja grad på dislokationen, dock skapades en notch vid 700 Hz för de flesta med dislokation. Vid mätning på hörselorgan uppstod notchen mellan 500 och 800 Hz. Dessa resultat stämmer överens med studier av Merchant et al. (2016) och Nakajima et al. (2012).

5. Resultatdiskussion

5.1 Normativa värden

Ingen studie som nämnts i resultatet har kunnat påvisa någon signifikant skillnad i power absorbance/reflectance mellan kön hos barn med samma etniska bakgrund. Den skillnad mellan etniciteter som framkom i studien av Aithal et al. (2014a), belyser att mer forskning behövs inom området när det kommer till anatomiska skillnader mellan etniciteter hos barn. De refererade till tidigare studier som visat att barn från den australiska ursprungsbefolkningen är överrepresenterade då det gäller både konduktiv hörselnedsättning och mediaotit. I sådana fall kan det vara motiverat att försöka utröna vari orsaken till skillnaderna mellan etniciteter ligger för att kunna sätta in rätt resurser gällande preventiv sjukvård. Det bör naturligtvis även tas hänsyn till andra faktorer hos barnen som exempelvis antal graviditetsveckor, födelsevikt, huruvida förlossningen var med eller utan komplikation och socioekonomisk status.

Aithal et al. (2014a) diskuterade huruvida de skillnader som framkom i deras studie berodde på anatomiska skillnader mellan de etniska grupperna. Det fanns signifikant skillnad i födelsevikt vilket skulle kunna inverka på resultatet, det fanns ingen skillnad i graviditetstid mellan individerna. Paralleller kan dras med studien av Aithal et al. (2014b) som visar signifikant skillnad i power absorbance hos barn som var mellan 0 och 1 månad gamla. Frånsett den utveckling som sker under första månaden så skulle det kunna vara intressant att jämföra resultaten från ursprungsbefolkningen med kaukasiska barn i samma viktklass snarare än samma ålder för att se om det finns likheter. I sådana fall skulle det kunna betyda att skillnaderna mellan de etniska grupperna snarare beror på skillnader i storlek än anatomi, likt resultatet som framkom i studien av Shahnaz et al. (2006) där power reflectance jämfördes mellan olika etnicitet hos vuxna individer.

Aithal et al. (2014b) undersökte skillnader i power absorbance hos små barn från 0 till 6 månader, oberoende av ålder uppmättes power absorbance-peakar mellan 1500 till 5000 Hz. Konfigurationen av power absorbance mellan grupperna 0 månader samt 6 månader skiljde sig åt, i åldersspannen 2 till 4 månader var konfigurationerna betydligt mer lika. Detta kan tyda på att spädbarn behöver egna åldersspecifika normativa värden. Enligt Keefe et al. (2012) fanns ingen åldersskillnad för power absorbance hos barn äldre än 6 månader. Vi funderar på om det hade varit av värde att kategorisera små barn i smalare åldersspann och viktklasser, då dessa faktorer verkar ha en påverkan på power absorbance/reflectance.

Till skillnad från hos barn uppmättes skillnader i power absorbance/reflectance mellan vuxna män och kvinnor. Rosowski et al. (2012) kunde urskilja en signifikant skillnad hos power reflectance vid 4000 Hz mellan könen, i samma studie framgick det även att i takt med stigande ålder minskade power reflectance från 1000 Hz och uppåt i frekvensled. Mazlan et al. (2015) undersökte skillnader i power absorbance mellan kön och ålder hos vuxna, deltagarna delades in i tre grupper utefter ålder (se tabell 2, artikel 2). De fann en viss könsskillnad när de olika åldersgrupperna jämfördes med varandra, könsskillnaderna minskade inom grupperna med samma åldersspann. Carpenter et al. (2012) utrönt att vuxna kvinnors ålder påverkar power reflectance främst i höger öra där yngre kvinnor hade betydligt lägre power reflectance än äldre. De äldre kvinnorna i samma studie hade högst power reflectance av både män och kvinnor, denna uppmättes också i höger öra. Forskarna i denna studie diskuterade om hormonförändringar kunde ligga bakom den skiftning av power reflectance som uppmättes som funktion av ålder hos kvinnorna. Det finns flera teorier om vad som ligger bakom variationer i power absorbance/reflectance, vilket kan komma att försvåra bedömningen i den kliniska verksamheten just eftersom orsaken till dessa skillnader ännu är okänd.

Mazlan et al. (2015) kunde påvisa en skillnad i hörselgångsvolym, där män hade betydligt större volym än kvinnor och Voss et al. (2008) kom fram till att hörselgångsvolymen påverkar uppmätt power absorbance/reflectance. Detta kan kopplas till studien av Feeney et al. (2014) där det diskuteras huruvida beräkningsmodellen, Thévenin, kan ligga bakom skillnader mellan kön då den utgår ifrån en på förhand bestämd diameter på hörselgången. Dessa studier skulle kunna tyda på att en eventuell anatomisk skillnad i samband med beräkningsmodellen kan ha en påverkan på uppmätta värden för bredbandstympanometri. En studie diskuterar en hormonell förändring med åldern och den andra belyser den anatomiska volymskillnad som finns mellan män och kvinnor. Det finns alltså en rad olika samband som skulle kunna förklara variansen hos power absorbance/reflectance inom och mellan individer.

Forskare från de flesta studier som nämnts ovan förespråkar mer forskning på huruvida olika faktorer som kön, ålder, öra och etnicitet kan påverka resultaten från bredbandstympanometri och på vilket sätt de i sådana fall påverkar. Gemensamt för ovan nämnda studier är att orsak och verkan till skillnader mellan resultat för bredbandstympanometri inte är klarlagt och att mer forskning kring detta behövs för att öka validiteten hos detta test. Vi som framtida yrkesverksamma audionomer skulle önska mer klara riktlinjer om hur mycket hänsyn som bör tas till dessa ovan nämnda skillnader för att underlätta vid tolkningen av resultaten.

5.2 Patologier

Det finns en rad olika mellanörepatologier som är problematiska att diagnostisera med dagens testbatteri. Prieve et al. (2013b) jämförde uppmätta resultat från tympanometri med tre olika bärtoner och power reflectance på barn som var nio månader eller yngre. LFT kunde inte särskilja barn med konduktiv hörselnedsättning från dem med väl fungerande mellanöron. Tympanometri med de andra två högre bärtonerna däremot visade på lika god förmåga som power reflectance när det kom till att skilja patologiska öron från fungerande mellanöron. För power reflectance uppmättes en signifikant skillnad mellan de båda grupperna på ett flertal frekvenser. Eftersom power absorbance/reflectance tar hänsyn till ett större frekvensspann än tympanometri, kanske detta test kan komma att vara en fördel vid ett framtida diagnostiskt testbatteri. Istället för att bara särskilja konduktiv hörselnedsättning från friska öron kanske bredbandstympanometri även skulle kunna definiera orsaken till ledningshindret, då power absorbance/reflectance uppmäter skillnader över ett större frekvensspann och inte bara vid en diskret frekvens likt tympanometri.

Även studier utförda på äldre barn har påvisat skillnad mellan LFT och bredbandstympanometri när det kommer till att upptäcka mellanörepatologier. Keefe et al. (2012) jämförde LFT och power absorbance förmåga att påvisa OME, i detta fall visade sig power absorbance vara signifikant bättre då luft-ben-gapet var 25 dBHL eller större. Terzi et al. (2015) fick i sin studie fram att power absorbance hade 100 % sensitivitet och specificitet då det gällde att särskilja barn med OME från barn med mediaotit eller normal mellanörestatus. Feeney et al. (2014) däremot undersökte skillnader i uppmätt power reflectance mellan två grupper, en med godkända och en med icke godkända LFT-kurvor. Skillnaden i power reflectance mellan de båda grupperna var att gruppen med icke godkända tympanometriska kurvor hade andra minimala notcher än gruppen med godkända LFT-kurvor. Vi funderar på om detta kanske skulle kunna vara ett argument till att använda bredbandstympanometri istället för LFT om dessa notcher i framtiden kan ge mer information än de godkända/icke godkända kurvorna som uppmätts med LFT.

Ellison et al. (2012) utförde en studie på barn med MEE, de diskuterade om statiskt tryck kunde vara att föredra för denna patientgrupp då ett dynamiskt tryck kan orsaka onödig smärta. Keefe et al. (2012) undersökte huruvida det fanns några signifikanta skillnader mellan att uppmäta power absorbance i statiskt respektive dynamiskt tryck på normalhörande barn samt på barn med OME, inga skillnader uppdagades mellan tryckmetoderna. Dessa resultat motsäger de som Sun (2016) fick fram när metoderna jämfördes på yngre vuxna, då skillnader

upptäcktes i denna studie. Feeney et al. (2014) utförde en studie med fokus på vuxna individer med mellanörepubatologi, de menade att dynamiskt tryck kan vara att föredra då en del olika patologier fick liknande värden för power reflectance när de uppmättes i statiskt tryck. I de flesta studier som lästs inför denna uppsats har mätningar av bredbandstympanometri utförts i statiskt tryck. Detta försvårar en jämförelse mellan de båda tryckmetoderna och det har därför inte kunnat klargöras vilken tryckmetod som är av störst klinisk nytta vid diagnostik av mellanörepubatologier. Mer forskning på de olika tryckmetodernas förmåga att utröna patologier verkar behövas för att skapa kliniska riktlinjer för när och om båda tryckmetoderna bör användas eller om en metod bör ses som standard. Det skulle kunna vara så att statiskt tryck borde vara standard upp till en viss ålder då det enligt Newton (2009) är större prevalens för OME hos barn, vilket kan orsaka smärta vid tryckändring.

Voss et al. (2012) undersökte hur olika statiska tryck påverkade power reflectance, ju större skillnad det blev mellan det statiska trycket i hörselgången och mellanörats tryck desto större blev power reflectance i frekvensområdet 1000 till 2000 Hz. Detta skulle kunna tyda på att olika tryck kan komma att behöva användas för differentialdiagnostik i statiskt tryck.

Dynamiskt tryck istället kanske borde användas på barn när ingen misstanke om smärta föreligger och det skulle kunna standardiseras för vuxna. I personlig kommunikation med kliniskt verksamma (2017-03-28) framkom att 3D-kurvan som visar resultatet vid dynamiskt tryck upplevs av vissa verksamma som mer svårtolkad än den tvådimensionella vid statiskt tryck. Överlag verkar de flesta tillfrågade ändå uppleva metoden som ganska lättolkad men det lyfts också fram att det än så länge inte finns några fastställda kliniska riktlinjer att rätta sig efter, vilket försvårar tolkningen av bredbandstympanometri.

Som beskrivits tidigare är admittansen vid låga frekvenser dominerad av komplianssuspektansen, då frekvensen ökar kommer komplianssuspektansen och massuspektansen att närma sig 1 i storleksförhållande vilket innebär att konduktansen är det som mest påverkar admittansen och minst ljud reflekteras mot proben. Vid ytterligare högre frekvenser tar massuspektansen överhand och mer ljud kommer reflekteras mot proben (Hunter & Shahnaz, 2014). Detta överensstämmer med de resultat som bland annat framgick i studien på donerade hörselorgan som Voss et al. (2012) utförde, vid vätska i mellanörat ökade power reflectance över samtliga frekvenser och vid fixation (otoskleros) ökade power reflectance i de lägre frekvenserna. Dessa åkommor påverkar systemets rörlighet och kanske därav även komplianssuspektansen i systemet. När vätska tillfördes till mellanörat påverkades således även massan i systemet, vilket skulle kunna förklara varför power reflectance

påverkades över samtliga frekvenser vid detta patologiska tillstånd. Detta skulle kunna tyda på att olika patologier skapar specifika mönster hos power absorbance/reflectance, vilket i sin tur skulle kunna användas för en effektivare och mer korrekt diagnostisering i framtiden med ytterligare forskning. Vi har erfarit vid vår verksamhetsförlagda utbildning att tid ibland är en bristvara vid diagnostisering, genom att effektivisera skulle kanske detta kunna skapa mer tid med patienten.

Under litteratursökningen har ingen studie framkommit som belyst om skillnaderna mellan stimulit klick och chirp påverkar de fysiologiska delarna i mellanörats system på olika sätt. Frekvensinnehållet i dessa stimuli når trumhinnan på olika vis, med ett klick når det totala frekvensinnehållet trumhinnan direkt, medan ett chirp portionerar det totala frekvensinnehållet under ett mycket kort tidsspann. Det hade varit intressant med en studie där power absorbance/reflectance jämförts mellan de olika två stimuli som oftast används vid bredbandstympanometri.

5.3 Det audiologiska testbatteriet

Tidigare forskning har förutsatt att power absorbance/reflectance är okänsligt för var i hörselgången proben sitter, matematiskt har det antagits att hörselgången är en cylinder med hårda väggar och att power absorbance/reflectance inte har någon fas (Rosowski et al., 2013). Det kan diskuteras hur verklighetstroget detta antagande är då de flesta individer har olika anatomiska förutsättningar, samtidigt som det är förståeligt att ett sådant matematiskt antagande är nödvändigt just på grund av att beräkningar ska vara möjliga. Voss et al. (2008) kom fram till att det verkade som att variationen mellan mätningar på samma individ minskade då proben placerades längre in i hörselgången. Samma observation gjordes av Abur et al. (2014), detta kan enligt dem bero på att djupare placering innebär mindre ljudläckage från proben samt att mindre andel lågfrekvent ljud absorberas av hörselgången. I de flesta studier som använts i uppsatsen har ingen information framkommit om lämplig placering av proben för att minimera bias, det hade varit önskvärt med mer forskning och tydligare riktlinjer för de kliniskt verksamma för hur långt in proben bör placeras i hörselgången.

I personlig kommunikation med kliniskt verksamma (2017-03-28) framkom det att bredbandstympanometri generellt sett upplevs vara ett användarvänligt verktyg som är förhållandevis lätt att lära sig. Svårigheterna ligger i att få tätt mellan probe och hörselgång samt att probens storlek har betydelse. Detta kan skapa problem vid mätning på barn som inte vill eller orkar sitta still, en önskan som framkommer är att bredbandstympanometern skulle

starta likt en snabbtympanometer när proben slutit tätt. Viss träning på mätningen kan behövas hos den enskilde yrkesverksamma innan testet appliceras i den kliniska verksamheten. Den generella uppfattningen om bredbandstympanometern verkar ändå vara god och samtliga tillfrågade yrkesverksamma skulle rekommendera bredbandstympanometri till andra kliniskt verksamma.

Aithal et al. (2015) menade på att referensvärden behövs för bredbandstympanometri hos spädbarn, i deras forskning framgick att power absorbance var ett gynnsamt verktyg tillsammans med flera olika testkombinationer. Enligt forskarna för studien skulle power absorbance med fördel kunna användas som ett diagnostiskt verktyg. Deras data belyser att frekvensområdet mellan 1000 till 4000 Hz var bäst när det kom till att särskilja konduktiv hörselnedsättning från fungerande mellanöron. Paralleller kan dras med forskning från både Terzi et al. (2015) och Ellison et al. (2012) som utfördes på lite äldre barn, de menade på att MEE bäst kan utrönas i frekvensområdet mellan 1500 till 3000 Hz. Därför kanske mer forskning hade varit att föredra när det kommer till att koppla samman förändringar över frekvensspann med olika mellanörepatologier, för att i framtiden kunna effektivisera den kliniska metoden samt underlätta tolkningen för de yrkesverksamma.

Tympanometri mäter vanligtvis som högst frekvenser upp till 1000 Hz medan forskningen ovan påvisar att frekvenser över detta är bättre på att urskilja konduktiva hörselnedsättningar när det mäts med bredbandstympanometri. Detta skulle kunna indikera att bredbandstympanometri är ett säkrare verktyg för att diagnostisera konduktiv hörselnedsättning hos barn och spädbarn. Dock bör hänsyn tas till att tympanometri mäter admittans/impedans och att bredbandstympanometri uppmäter absorption/reflektion. I personlig kommunikation med kliniskt verksamma (2017-03-28) framkom att det ju sedan tidigare finns klinisk information upp till 1000 Hz. Svårigheterna ligger i att erfarenheten är betydligt mindre när det kommer till att tolka resultat över 1000 Hz när de uppmäts med power absorbance/reflectance. En önskan var därför att öka kunskapen om detta för att främja den kliniska nyttan.

Farahmand et al. (2016) utredde hur väl power reflectance kan särskilja olika grader av dislokation från varandra, en notch uppstod i power reflectance-kurvan mellan 500 och 800 Hz likt de studier som utförts av Merchant et al. (2016) samt Nakajima et al. (2012), vilket kan tyda på ett rörligt system. Dock kunde inte kurvorna för power reflectance säga något om dislokationens omfattning. Farahmand et al. (2016) menade att detta kunde bero på att

mjukdelarna i hörselbenskedjan påverkade power reflectance. Vidare menade de att luft-ben-gap vid 4000 Hz ofta antas vara mätfel men de ansåg att det istället skulle kunna bero på en hel eller partiell dislokation. Detta är en intressant hypotes och skulle med fördel kunna undersökas i en liknande studie som den som utfördes av Karlsson och Vässmar (2017) i en kandidatuppsats under publikation (april 2017). De utredde eventuella skillnader i benledningsmätning utförd med bygel i ett tryck och softband med olika tryck. Kanske skulle bredbandstympanometri kunna verka som ett uteslutande test för att särskilja dislokationer från misstänkta mätfel, för att på så vis öka effektiviteten inom hörselvården samt minska risken för feldiagnostisering.

I personlig kommunikation med kliniskt verksamma (2017-03-28) framkom det att bredbandstympanometri nyttjas på de tillfrågade verksamheterna allt ifrån ett par dagar i veckan till flera gånger dagligen av samma yrkesverksamma. De uppger att de använder det på framförallt barn, men även vid vuxendiagnostik och rehabilitering bland annat på personer med upplevd lockkänsla, vid icke synlig trumhinna eller då ledningshinder misstänks. En del har valt att låta bredbandstympanometri ersätta LFT, vid utredning av mellanörestatus. Upplevd skillnad i användarperspektiv mellan LFT och bredbandstympanometri hos de tillfrågade yrkesverksamma verkar vara liten. Det nämns att bredbandstympanometri kan vara något långsammare att utföra och att stimuli är lite starkare i utnivå, men eftersom samma probe används upplevs skillnaden som ytterst liten mellan de olika testmetoderna.

Som nämndes i bakgrunden är bredbandstympanometri en kostnadseffektiv och icke invasiv metod (Polat et al., 2015; Prieve et al., 2013a), enligt personlig kommunikation med kliniskt verksamma (2017-03-28) är programvaran som finns tillgänglig i Sverige kompatibel med AuditBase vilket gör den användarvänlig och tidseffektiv. Detta gör bredbandstympanometri till ett intressant diagnostiskt verktyg ur ett hållbarhetsperspektiv, inom hörselvården.

Det är stor diskrepans mellan de olika normativa värden och kriterier för olika patologier som används på hörselverksamheter i Sverige gällande LFT (Winzell Juhlin, 2016), vilket kan leda till inkonsekvent diagnostisering. I personlig kommunikation med kliniskt verksamma (2017-03-28) lyftes efterfrågan på riktlinjer, detta stödjer det som framkommit i flera av studierna i denna sammanställning att det behövs mer forskning för att få fram normativa värden och direktiv för tolkning av avvikande resultat. Vi upplever att det vore önskvärt att undvika dessa tvetydigheter från början när det kommer till bredbandstympanometri. Eftersom det kliniska användandet precis påbörjats i svensk hörselvård skulle det kunna vara lämpligt om nationella

riktlinjer togs fram så fort som möjligt, för att underlätta tolkning av resultat och undvika en upprepning av den spridning som Winzell Juhlin (2017) uppmärksammade i sin uppsats.

6. Metoddiskussion

I denna uppsats har det sammanställts artiklar som publicerats från år 2012 och framåt vilket kan ses som en styrka då forskningen är relativt ny. En annan fördel med detta är att den forskning vi tagit del av i många fall utförts med utrustning som idag finns på marknaden och kan användas i den kliniska verksamheten. Innan denna utrustning lanserades på marknaden användes bredbandstympanometri nästan uteslutande i forskningssyfte. En nackdel med detta korta tidsspann är att vi fått tillgång till en smalare kunskapsbank om just bredbandstympanometri. Ett större utbud på artiklar hade kunnat innebära en mer selektiv urvalsmetod, med exempelvis ett minimum för antal deltagare. Vår upplevelse är ändå att fördelarna med ett kort tidsspann överväger denna nackdel eftersom vårt syfte var att ta del av den aktuella forskningen inom ämnet. Eftersom tidsspannet var kort blev vårt urval litet och vi tror oss därmed ha inkluderat en stor del av den forskning som utförts under denna period.

Övriga svagheter kan vara att ämnet vi valt att skriva om är tekniskt och att vi saknar den utbildning och kunskap som krävs för en djup förståelse av alla delar, det är också ett test som vi inte använt praktiskt under utbildningen eller den verksamhetsförlagda utbildningen. En rad olika mätutrustningar har använts i studierna vilket både kan vara en fördel och en nackdel. Förutom Interacoustics Titan och Mimosa Acoustics MEPA3 har ett par studier använt sig av egen utrustning medan andra använt sig av Interacoustics Reflwin som enligt personlig kommunikation med Ulf Kalla, Interacoustics (2017-03-14) är en äldre prototyp av AT235 som kopplades till en Titan probe, innan Titan fanns. Fördelen med detta är att en rad olika mätutrustningar använts och detta kan vara olika bra på att utröna ändringar i power absorbance/reflectance. En nackdel är dock att detta blir en variabel som kan påverka variansen inom och mellan individer när normativa värden jämförs. En styrka med uppsatsen är att alla delar är skrivna gemensamt och att all information har diskuterats innan den skrivits ner. Vi ser det också som en stor fördel att delar av vår diskussion kompletterats med kommentarer från kliniskt yrkesverksamma inom hörselvården.

Avsikten var att använda originalkällor i största möjliga mån, det som framkom i informationssökning till bakgrunden var att de flesta källor av intresse var från mitten av 1900-talet. Detta medförde att originalkällor var svåra att få tag på. I samråd med våra handledare använde vi oss istället av ett antal reviewartiklar och läroböcker i bakgrunden, informationen kontrollerades med ett flertal av dessa källor innan den användes i uppsatsen.

Denna uppsats har utförts på grundnivå vilket inneburit att omfattningen varit liten och tiden knapp. Därför har en del områden uteslutits som hade varit av relevans för uppsatsen, till exempel har bredbandsstimulerad stapediusreflexmätning samt OAE uteslutits, båda dessa mätningar kan utföras med den utrustning som finns på marknaden.

Det är diskutabelt huruvida det är relevant att undersöka fysiologiska skillnader mellan olika etniciteter, sådana studier har ändå inkluderats i denna sammanställning då syftet med uppsatsen var att ta del av den senaste forskningen inom området. Vi upplever att forskning som utförts i en del länder tar mer hänsyn till olika etniska ursprung än i andra länder. Det verkar råda delade uppfattningar bland forskare huruvida det är relevant eller inte.

Flertalet av studierna i denna sammanställning har jämfört sina resultat med de normativa värden som tagits fram av Rosowski et al. (2012), detta kan ses som både positivt och negativt. Om dessa värden är en god representation av populationen så kan det vara positivt att de används som en grund för andra studier. Är de däremot inte applicerbara på populationen kan det kanske ge en skev bild av populationsnormen. Både Rosowski et al. (2012) och Voss et al. (2012) lyfter att det finns individuella skillnader vilket kan försvåra tolkningen av power absorbance/reflectance på individnivå. I majoriteten av studierna som redovisas i denna uppsats har forskarna benämnt resultaten som att signifikanta skillnader kunde uppmätas eller inte. Ingen studie belyser huruvida de uppmätta signifikanta skillnaderna är av relevans vid de kliniska mätningarna i hörselverksamheterna och vi kan inte heller avgöra vilka skillnader som är av relevans för den kliniska verksamheten, mer forskning behövs för att styrka bredbandstympanometri i verksamheterna.

Vidare kan det diskuteras fördelar och nackdelar med att de studier som vi tagit del av är skrivna av ett litet antal forskare och de ofta samarbetar med varandra i olika studier. Exempel på nackdelar kan vara att om de föreligger metodologiska felaktigheter så riskerar de att upprepas i flera studier, detta skulle i sin tur påverka uppsatsens resultat. Nya ingångar för vidare studier kanske inte framkommer lika fort som om fler forskare varit aktiva inom ämnet. Fördelar kan vara att de har tydliga mål med sina studier samt framtida studier, det kanske också kan tyda på att de har ett sammansvetsat nätverk.

Majoriteten av studierna är av god kvalitet, en del inkluderar ett mindre antal deltagare vilket gör att vi värderar deras resultat lite lägre än de artiklar som har ett större antal deltagare.

Undantaget är de studier som undersökt donerade hörselorgan post mortem, de har ett litet antal att tillgå. Dessa studier kan ske under mer kontrollerade former vilket i vår mening överväger det låga antalet hörselorgan. Forskarna har angett att denna typ av studie är viktig just på grund att de kan härleda resultaten till en viss patologi. Sådan är inte situationen när studier utförs på levande individer, då flertalet okända anatomiska strukturer och andra orsaker kan påverka resultatet. Samtliga studier har tydligt motiverat och redovisat syfte, metod samt resultat vilket också styrker vår uppfattning om att de håller god kvalitet.

7. Konklusion

Det har framkommit stöd för att det finns ett behov av populationsspecifika normativa värden för både små barn och vuxna då flertalet studier fått fram signifikanta skillnader i power absorbance/reflectance mellan kön, ålder och även etnicitet. Den kliniska relevansen av detta nämns dock inte i någon artikel. Vidare tyder resultatet på att det finns mellanörepubatologier som kan påvisas av bredbandstympanometri med större precision än av LFT och därav skulle bredbandstympanometri kunna vara en del av det audiologiska testbatteriet.

Referenslista

- Abur, D., Horton, N., & Voss, S. (2014). Intrasubject Variability in Power Reflectance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(5), 441-448.
- Aithal, S., Kei, J & Driscoll, C., & Khan, A. (2013). Normative wideband reflectance measures in healthy neonates. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(1), 29-35.
- Aithal, S., Kei, J & Driscoll, C. (2014). Wideband Absorbance in Australian Aboriginal and Caucasian Neonates. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(5), 482-494.
- Aithal, S., Kei, J & Driscoll, C. (2014). Wideband Absorbance in Young Infants (0-6 months): A Cross-Sectional Study. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(5), 471-481.
- Aithal, S., Kei, J., Driscoll, C., Khan, A., & Swanston, A. (2015). Wideband Absorbance Outcomes in Newborns: A Comparison with High-Frequency Tympanometry, Automated Brainstem Response, and Transient Evoked and Distortion Product Otoacoustic Emissions. *Ear and Hearing*, 36(5), E237-E250.
- Andersson, G., & Arlinger, S. (2007). *Nordisk lärobok i audiologi* (1. uppl. ed.). Bromma: CA Tegnér.
- Baldwin, M. (2006). Choice of probe tone and classification of trace patterns in tympanometry undertaken in early infancy. *International Journal of Audiology*, 2006, Vol. 45(7), P.417-427, 45(7), 417-427.
- Beers, A., Shahnaz, N., Westerberg, B., & Kozak, F. (2010). Wideband reflectance in normal Caucasian and Chinese school-aged children and in children with otitis media with effusion. *Ear and Hearing*, 31(2), 221-33.
- Bluestone, C.D. (1982). *Diagnosis of Chronic Otitis Media with Effusion: Description, Otoscopy, Acoustic Impedance Measurements, and Assessment of the Hearing*: The Williams and Wilkins co.
- Carpenter, M., Cacace, A., & Mahoney, M. (2012). Missing links in some curious auditory phenomena: A tale from the middle ear. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(2), 106-114.
- Emanuel, D., & Letowski, T. (2009). *Hearing science*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins co.
- Ellison, J., Gorga, M., Cohn, E., Fitzpatrick, D., Sanford, C., & Keefe, D. (2012). Wideband acoustic transfer functions predict middle-ear effusion. *Laryngoscope*, 122(4), 887-894.
- Farahmand, R. B., Merchant, G. R., Lookabaugh, S. A., Rösli, C. H., Ulku, C. J., McKenna, M. K., . . . Nakajima, H. (2016). The Audiometric and Mechanical Effects of Partial Ossicular Discontinuity. *Ear and Hearing*, 37(2), 206-215.
- Feeney, M. P., Hunter, L. L., Kei, J. J., Lilly, D. H., Margolis, R. H., Nakajima, H. T., . . . Voss, S. (2013). Consensus Statement: Eriksholm Workshop on Wideband Absorbance Measures of the Middle Ear. *Ear and Hearing*, 34(7 Suppl 1), 78-79.
- Feeney, M., Stover, B., Keefe, D., Garinis, A., Day, J., & Seixas, N. (2014). Sources of Variability in Wideband Energy Reflectance Measurements in Adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(5), 449-461.
- Gelfand, S. (2009). *Essentials of audiology* (3rd ed.). New York: Thieme.
- Hunter, L. L., & Shahnaz, N. (2014) *Acoustic Immittance Measures: Basic and Advanced Practice*. San Diego: Plural Publishing Inc.
- Hunter, L. L., Prieve, B. A., Kei, J., & Sanford, C. (2013). Pediatric Applications of Wideband Acoustic Immittance Measures. *Ear and Hearing*, 34(7 Suppl 1), 36-42.
- Hunter, L., Tubaugh, L., Jackson, A., & Propes, S. (2008). Wideband middle ear power measurement in infants and children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 19(4), 309-324.
- Interacoustics. (2017). *WBT*. Hämtad 2017-03-01, från <http://www.interacoustics.com/technologies/wbt>

- Karlsson, M., & Vässmar, J. (2017). *Benledningsmätning vid användande av bygel och softband: En jämförande studie av luft-ben-gap och självupplevd komfort vid olika anläggningstryck* (Kandidatuppsats). Göteborg: Institutionen för neurovetenskap och fysiologi, Göteborgs universitet. Tillgänglig: Under publikation.
- Keefe, D., & Levi, E. (1996). Maturation of the middle and external ears: Acoustic power-based responses and reflectance tympanometry. *Ear and Hearing*, 17(5), 361-73.
- Keefe, D., Sanford, C., Ellison, J., Fitzpatrick, D., & Gorga, M. (2012). Wideband aural acoustic absorbance predicts conductive hearing loss in children. *International Journal of Audiology*, 2012, Vol. 51(12), P.880-891, 51(12), 880-891.
- Lilly, D. J., & Margolis, R. H. (2013). Wideband Acoustic Immittance Measurements of the Middle Ear: Introduction and Some Historical Antecedents. *Ear and Hearing*, 34(7 Suppl 1), 4-8.
- Liu, Y., Sanford, C., Ellison, J., Fitzpatrick, D., & Gorga, M. (2008) Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: System developments and results on adults with normal hearing. *Journal of Acoustical Society of America*, 124 (6), 3708-3719.
- Mazlan, R., Kei, J., Ya, C., Yusof, W., Saim, L., & Zhao, F. (2015). Age and Gender Effects on Wideband Absorbance in Adults with Normal Outer and Middle Ear Function. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 58(4), 1377-1386.
- Merchant, G., Merchant, S., Rosowski, J.J., & Nakajima, H. H. (2016). Controlled exploration of the effects of conductive hearing loss on wideband acoustic immittance in human cadaveric preparations. *Hearing Research*, 341, 19-30.
- Mimosa Acoustics. (2017) *MEPA3*. Hämtad 2017-03-01, från <http://www.mimosaacoustics.com/products/mepa.html>
- Nakajima, H. H., Rosowski, J. J., Shahnaz, N. E., & Voss, S. (2013). Assessment of Ear Disorders Using Power Reflectance. *Ear and Hearing*, 34(7 Suppl 1), 48-53.
- Nakajima, H. H., Pisano, D. V., Roosli, C., Hamade, M. A., Merchant, G. R., Mahfoud, L., . . . Merchant, S. N. (2012). Comparison of ear-canal reflectance and umbo velocity in patients with conductive hearing loss: A preliminary study. *Ear and Hearing*, 33(1), 35-43.
- Newton, V. (2009). *Paediatric audiological medicine* (2nd ed.). Chichester: Wiley-Blackwell.
- Polat, Z., Baş, B., Hayır, D., Bulut, E., & Ataş, A. (2015) Wideband Tympanometry Normative Data for Turkish Young Adult Population. *The Journal of International Advanced Otology*, 11(2), 157-162.
- Prieve, B., Feeney, P., Stenfelt, S., & Shahnaz, N. (2013). Prediction of conductive hearing loss using wideband acoustic immittance. *Ear and Hearing*, 34(Supplement 1), 54-59.
- Prieve, B., Vander Werff, K., Preston, J., & Georgantas, L. (2013). Identification of conductive hearing loss in young infants using tympanometry and wideband reflectance. *Ear and Hearing*, 34(2), 168-178
- Roeser, R., Valente, M., & Hosford-Dunn, H. (2007). *Audiology: Diagnosis* (2nd ed.). New York: Thieme.
- Rosowski, J. J., Nakajima, H. H., Hamade, M. A., Mahfoud, L., Merchant, G. R., Halpin, C. F., & Merchant, S. N. (2012). Ear-canal reflectance, umbo velocity, and tympanometry in normal-hearing adults. *Ear and Hearing*, 33(1), 19-34.
- Rosowski, J. J., Stenfelt, S., & Lilly, D. (2013). An Overview of Wideband Immittance Measurements Techniques and Terminology: You Say Absorbance, I Say Reflectance. *Ear and Hearing*, 34(7 Suppl 1), 9-16.
- Rosowski, J., & Wilber, L. (2015). Acoustic Immittance, Absorbance, and Reflectance in the Human Ear Canal. *Seminars in Hearing*, 36(01), 11-28
- Sanford, C., Hunter, L., Feeney, M., & Nakajima, H. (2013). Wideband acoustic immittance: Tympanometric measures. *Ear and Hearing*, 34 Suppl 1, 65-71.
- Shahnaz, N., & Bork, K. (2006). Wideband reflectance norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear and Hearing*, 27(6), 774-788.

- Sun, X. (2016). Wideband acoustic immittance: Normative study and test-retest reliability of tympanometric measurements in adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(4), 819-834.
- Svenska audiologiska metodboksgruppen [SAME]. (2004). *Metodbok I praktisk hörselmätning*. Bromma: SAME och C A Tegnér AB.
- Terzi, S., Özgür, A., Erdivanli, Ö., Coşkun, Z., Ogurlu, M., Demirci, M., & Dursun, E. (2015). Diagnostic value of the wideband acoustic absorbance test in middle-ear effusion. *The Journal of Laryngology & Otology*, 129(11), 1078-1084.
- Voss, S., Horton, N., Woodbury, R., & Sheffield, K. (2008). Sources of variability in reflectance measurements on normal cadaver ears. *Ear and Hearing*, 29(4), 651-65.
- Voss, S., Merchant, G., & Horton, N. (2012). Effects of middle-ear disorders on power reflectance measured in cadaveric ear canals. *Ear and Hearing*, 33(2), 195-208.
- Voss, S. E., Stenfelt, S. T., Neely, S. J., & Rosowski, J. (2013). Factors That Introduce Intrasubject Variability Into Ear-Canal Absorbance Measurements. *Ear and Hearing*, 34(7 Suppl 1), 60–64.
- Winzell Juhlin, Å. (2017). *Referensvärden inom audiologisk diagnostik - Variationer mellan hörselkliniker i Sverige* (Master's thesis). Göteborg: Institutionen för neurovetenskap och fysiologi, Göteborgs universitet. Tillgänglig: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/52088/1/gupea_2077_52088_1.pdf

Bilaga 1

Begreppsförklaringar

Begrepp	Förklaring
Akustisk admittans	Genomsläppligheten i systemet, hur gärna systemet samspelar med den energi som tillförs. Anges i mmho. Den totala admittansen består av tre komponenter som alla är frekvensberoende (Gelfand, 2009). Anges nedan
Mass- och komplianssusceptans	Den enkelhet som systemet utgör för energin att passera genom detta, komponenterna massa och komplians i systemet är de komponenter som berörs av susceptansen. Dessa är frekvensberoende när frekvensen blir högre ökar masssusceptansen ju lägre frekvensen blir desto större blir komplianssusceptans (Emanuel & Letowski, 2009; Hunter & Shahnaz, 2014). Se figur 2.
Konduktans	Är den genomsläpplighet systemet ger gentemot energin, alltså motsatsen till resistans. Skillnaden är att konduktans är frekvensberoende i viss mån (Hunter & Shahnaz, 2014).
Akustisk impedans	Motståndet i systemet, hur mycket motsätter sig systemet den energi som tillförs. Anges i ohm (Gelfand, 2009).
Mass- och kompliansreaktans	Impedansbegreppet delas likt admittansbegreppet upp i tre olika komponenter två av dessa delas upp i mass- och kompliansreaktans (Emanuel & Letowski, 2009).
Resistans	Den tredje komponenten av impedans är motståndet i ett system i form av friktion. Vilket betyder att friktion bromsar energin i hörselgången och mellanörat, genom denna friktion uppkommer bl.a. värme (Emanuel & Letowski, 2009). Vid resonansfrekvensen är energiförlusten som minst, då det endast är friktionen som gör motstånd (Andersson & Arlinger, 2007).
Absorption	Akustisk energi utsätts för absorption genom att friktion skapas vilket påverkar energins intensitet. Örat har även fysiska gränser som den energin ska ta sig igenom, även detta gör att intensiteten i energin minskar då en del av denna absorberas in i strukturerna i örat. Hur stor mängd av energin som absorberas beror på strukturerna och motståndet i örat (Emanuel & Letowski, 2009).
Reflektion	När en energi möter ett motstånd, t.ex. när en ljudvåg möter trumhinnan kommer en del av ljudet absorberas vidare in i systemet medan en viss mängd kommer att reflekteras av systemet. Mängden som reflekteras beror på systemet (Emanuel & Letowzki, 2009; Hunter & Shahnaz, 2014).

Bilaga 2

Akronym	Förklaring
WAI	Wideband Acoustic Immittance: Mätmetod som uppmäter power absorbance/reflectance, med bredbandigt stimuli över ett stort frekvensområde (klick eller chirp) (Hunter & Shahnaz, 2014). Benämns bredbandstympanometri i denna uppsats.
LFT	Lågfrekvenstympanometri med en bärton på 226 Hz.
OME	Otitis Media With Effusion (Newton, 2009), sekretorisk mediaotit.
MEE	Middle ear effusion. Enligt R. Jönsson (personlig kommunikation, 05-april-2017) "vätskeutträde från mellanöreslemhinnan".